TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA

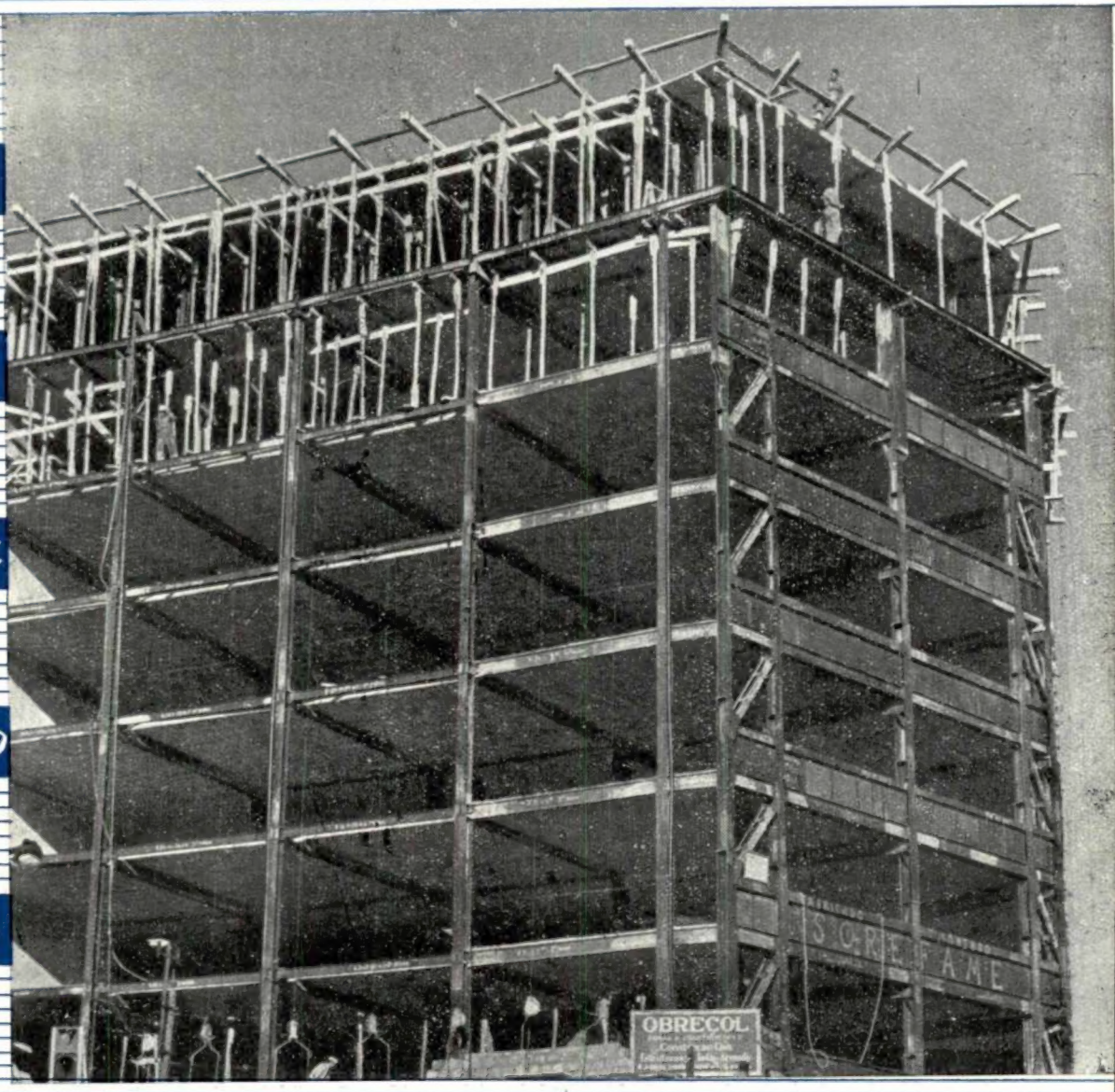
conomia

ecnologia

ociologia

vestigação

edagogia



NOVEMBRO 1961

316

Associação dos Estudantes do Instituto Superior Técnico

CIMENTO SECIL

Fábrica:

Outão – Setúbal

Telef. 028824/5

Escritório:

R. do Comércio, 56-3.º

LISBOA 2

Telef. 328201/2/3

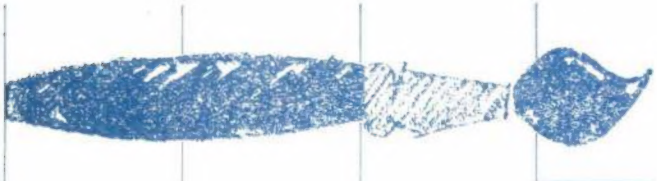
ELECTRO-ARCO
LIMITADA

ELECTRODIOS
POSTOS E ACESSORIOS
PARA A SOLDADURA ELECTRICA

MATERIAL APROVADO PELO
LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
VENDA NOVA —— AMADORA
LISBOA
RUA SILVA CARVALHO, 239 — TEL 683649
PORTO
RUA DO BOLHÃO, 216 – TEL 21277

4 papeis suiços de alta qualidade, para todas as necessidades técnicas



Papel de desenho mate e acetinado granitado para aguarelas.

Papel de desenho acetinado.

ASSISTENT

Papel de desenho mate.

Utoplex

Papel vegetal mate e acetinado.

Exija expressamente Papel Sihl
Papeteries Zuricoises sur Sihl Zurich

Representantes em Portugal:
E. BRUNNER & CA., LDA., Rua de Aviz, 13, Porto
Distribuidores: DETÉCNICA
— Equipamentos Técnicos de Desenho, Ld.ª
Av. de Berna, 46-1.º D Telef. 765321

TÉCNICA

REVISTA DE ENGENHARIA DOS ALUNOS DO INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Ano XXXVI - N.º 316 Novembro de 1961

Redacção e Administração: AVENIDA ROVISCO PAIS, I.S.T. * LISBOA-N. * TELEF. 77 01 44 (Linha 50)

DIRECTOR
MIGUEL FALCÃO

ADMINISTRADOR
RAMIRO CONFRARIA

REDACTORES
JOSÉ FERNANDO PINHARANDA
JOSÉ ALBERTO FERNANDES
ANTÓNIO ALVES MACEDO

SECRETÁRIO
JOSÉ MANUEL GONÇALVES

★

NUMERO AVULSO 15$00

ASSINATURAS:

	3 N.os	6 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	37$50	80$00	110$00
Ultramar Português e Espanha	—	85$00	120$00
Estrangeiro	—	70$00	130$00

★

EDITOR E PROPRIETÁRIO
ASS. DOS ESTUD. DO I.S.T.

★

COMPOSTO E IMPRESSO
NA
Tip. JORGE FERNANDES, L.DA
RUA CRUZ DOS POIAIS, 103
LISBOA

SUMÁRIO

CAPA — Imóvel na Praça Marquês de Pombal, executado pelas firmas «Obrecol», no referente a fundações, betão armado e pavimentos, e «Sorefame», no referente à superestrutura metálica, a primeira deste género realizada num edifício

Págs.

Profissionalismo, especialização, investigação, estrutura, criação e progresso
Por Luís A. de Almeida Alves 71

Perfurabilidade de rochas
Por Fernando de Mello Mendes 75

Problemas de «histeresis» hidráulica nos escoamentos permanentes em superfície livre
Por Fernando Abecasis e António Quintela 87

Estudo dinâmico do mecanismo de accionamento por prato oscilante
Por Jorge Neves da Silva 91

Notas informativas — **Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional** 102

A barragem de contrafortes de Miranda
Por F. Gonçalves Henriques 103

Duques de Alba elásticos — Algumas notas para orientação da sua escolha e cálculo
Por António Guedes de Campos 118

Do Mundo Técnico 133

Biblioteca 137

OS ARTIGOS PUBLICADOS NESTA REVISTA SÃO DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDADE DOS AUTORES

Índice Alfabético dos nossos anunciantes

Pág.

A

A. Johnson & Co (Portugal), Ltd. . . XXXVI
Alfredo Alves XXX
Azevedo & Pessi, Ltd. XXXIV

C

Cimento Secil . . . . . 2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos . . X
Companhia Industrial de Madeiras Africanas XXVI
Companhia Portuguesa de Fornos Eléctricos XV
Companhia União Fabril. XVIII
Construções Técnicas, Ltd.ª XXIX
C. Santos, Ltd.ª . . . . . VI e XIV

D

Detécnica . . . . . 2.ª da capa

E

Electro-Arco, Ltd.ª . . . . . 2.ª da capa
Electro Central Vulcanizadora, Ld.ª XXXVII
Emílio de Azevedo Campos & C.ª, Ltd.ª XXXI
Empresa de Cimentos de Leiria . . IV
Empresa Electro Cerâmica XXXVII
Empresa Nacional de Aparelhagem Eléctrica XXIV
Empresa de Produtos Asfálticos. . . VII
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ltd.ª . . . . . 3.ª da capa
Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos XIII
English Electric VIII
Eng.º Augusto Cavaco XXXIV
Estabelecimentos Herold XXXIX
Estores Sunway XXVII

F

Fábrica Portugal II
Fanafel XXVI

H

Harker Sumner & C.ª, Ltd. XXXIII
Henriques & Castro, Ltd.ª X

Pág.

H

Hydrel XXVIII
H. Vaultier & C.ª XXVIII

L

L. Dargent, Lda. XXII

M

Metrimpex XXXVII
Mobil Oil Portuguesa . . . . . 4.ª da capa
Monteiro Gomes, Ltd.ª XII

O

Orlando Fernandes XXII

P

Papelaria Fernandes XXIII
Pimentel & Casquilho, Ltd.ª III

S

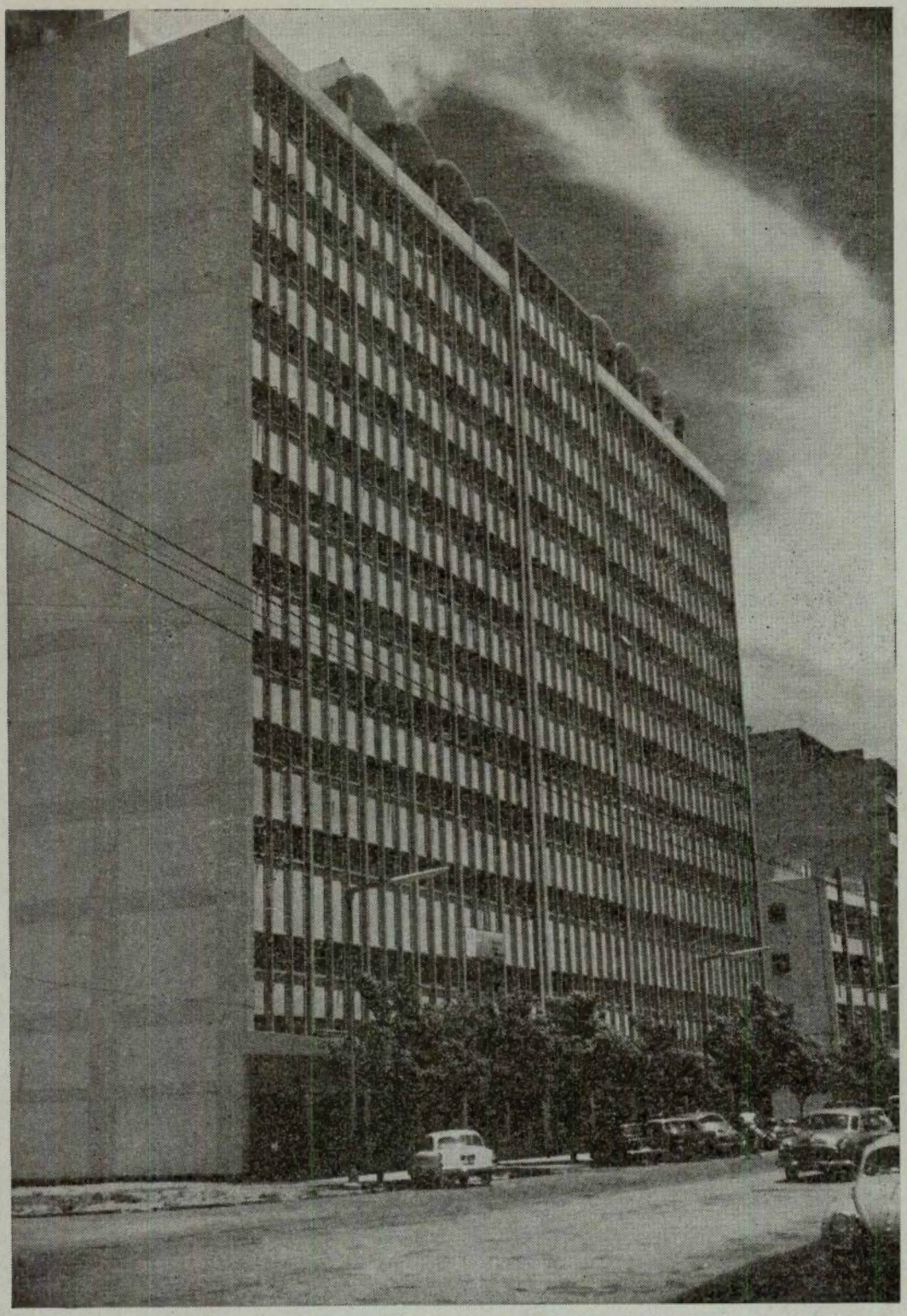
S. E. Moniz da Maia & Vaz Guedes, L.da XVII
SHELL XIX
SMEIA . . . . . XI e XLI
Soabal, Ltd. XVI
Soc. Comercial Romar, Lda. XX
Sociedade Construtora Portuguesa, Ltd.ª I
Sociedade S K F XXVIII
Sociedade Portuguesa Cavan IV
Sociedade Técnica de Equipamentos e Tractores, Lda. . . . . (Intercalado)
Société Louis de Roll V
Sofomil XXXVIII
Sondagens Ródio, Ltd.ª XLII
Standard Eléctrica IX

T

Terrys XXXV
Transelektro XL
Tudor XXV

W

Wild Portugal, Lda. XXI



Prédio
Cardoso & Reis
Lourenço Marques
Portugal

Assente sobre 177 estacas Franki

FUNDAÇÕES FRANKI

Sociedade Construtora Portuguesa, Lda.

Praça do Areeiro, n.º 9, 4.º Esq. — Lisboa-1 — Tel. 72 60 61 e 72 99 11

Fábrica Portugal

S. A. R. L.

LISBOA

MOBILIÁRIO METÁLICO

EM TODOS OS GÉNEROS

Instalações completas para :

Mobiliário moderno
para

ESCRITÓRIOS
ESCOLAS
BIBLIOTECAS

CLINICAS
HOSPITAIS
SANATÓRIOS
CINEMAS
HOTÉIS
ESPLANADAS

SALAS DE EXPOSIÇÕES :

Rua Febo Moniz, 2 a 20 — Praça dos Restauradores, 49 a 57

PIMENTEL & CASQUILHO, L.DA

QUASE 40 ANOS AO SERVIÇO DA ENGENHARIA PORTUGUESA

GRANDE SORTIDO DE INSTRUMENTOS DE PRECISÃO, CIENTÍFICOS E INDUSTRIAIS

RUA DAS PORTAS DE SANTO ANTÃO, 75
LISBOA
TELEF.: 32 43 14 — 32 42 48 ✦ TELEG.: TECNA

CAVAN

SOCIEDADE PORTUGUESA

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS

MOSAICOS E AZULEJOS

COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

MANILHAS PARA ESGOTOS

RUA D. ESTEFÂNIA, 94-A

TELEF. 47812-50129

LISBOA

EMPREZA DE CIMENTOS DE LEIRIA

PORTUGAL

LIZ

CIMENTO PORTLAND NORMAL

CIMENTO HIDROFUGADO

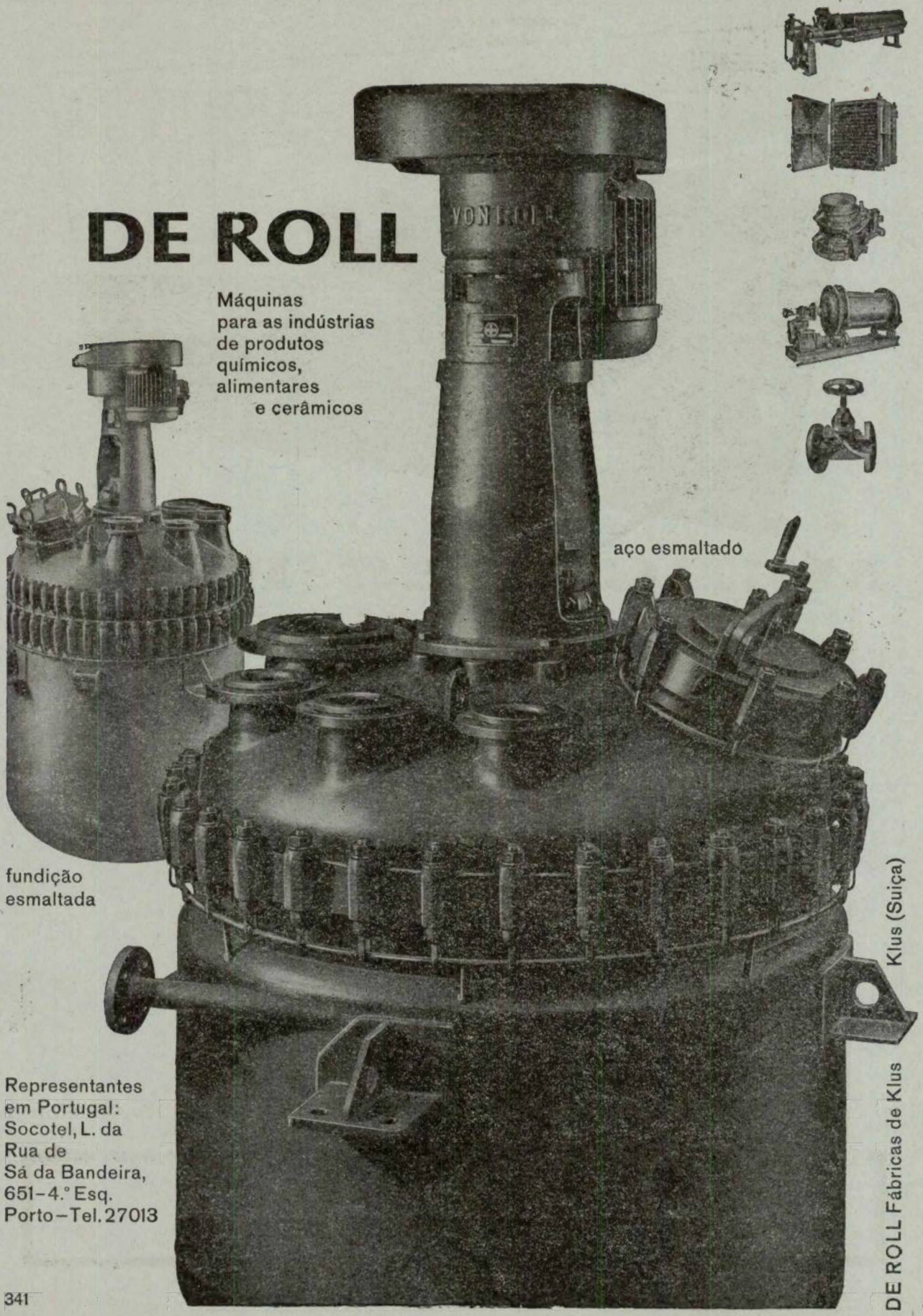
CIMENTOS ESPECIAIS

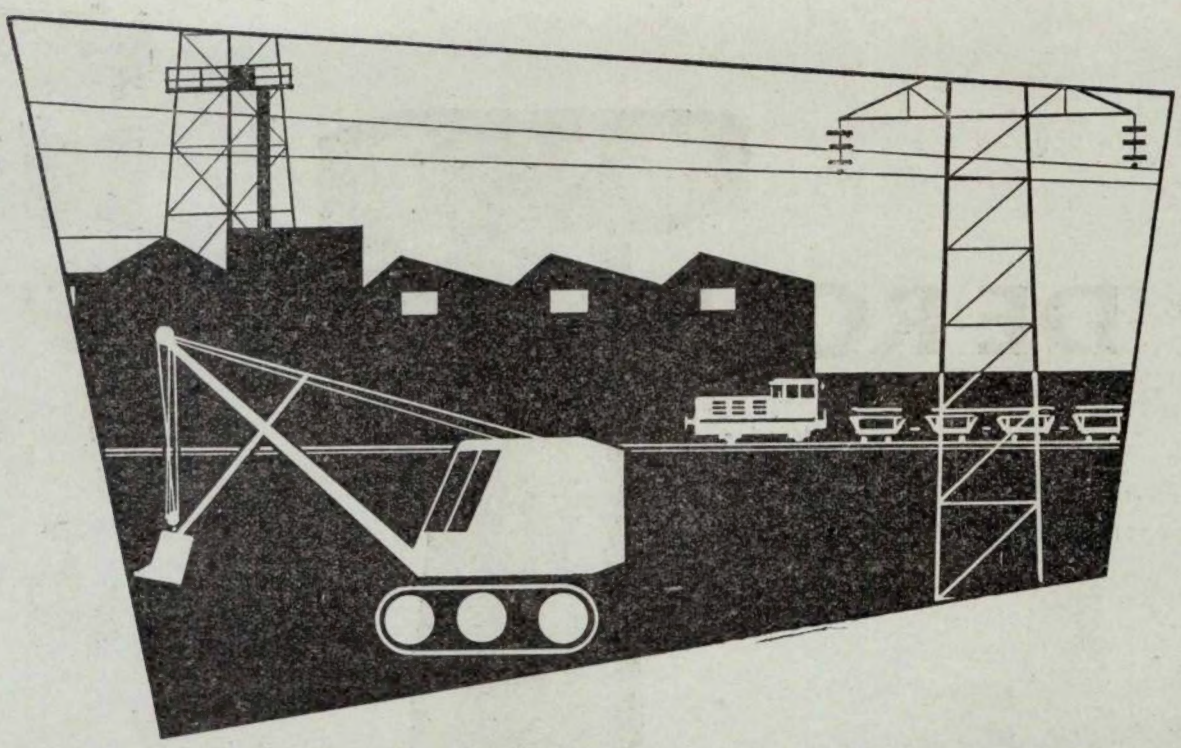
Fábrica de sacos de papel privativa, equipada com os mais modernos mecanismos e uma capacidade de produção anual de 40.000.000 — quarenta milhões — de sacos de papel Kraft, de grande capacidade, cosidos e colados, para consumo próprio e fornecimento à indústria nacional

Agentes em todo o país

Fábrica: MACEIRA
LIZ

R. Braamcamp, 7 — LISBOA
Telef. 5 91 61 / 66


DE ROLL
Máquinas
para as indústrias
de produtos
químicos,
alimentares
e cerâmicos
aço esmaltado
fundição
esmaltada
Representantes
em Portugal:
Socotel, L. da
Rua de
Sá da Bandeira,
651-4.º Esq.
Porto-Tel. 27013
DE ROLL Fábricas de Klus
Klus (Suiça)



MERCEDES-BENZ

MOTORES INDUSTRIAIS DIESEL

MOTORES PARA TODAS AS APLICAÇÕES INDUSTRIAIS
FAMOSOS EM TODO O MUNDO PELA SUA GRANDE ROBUSTÊS, ECONOMIA
DE CONSUMO E FACILIDADE DE MANUTENÇÃO
MODELOS DESDE 15 A 2.500 H. P.

EM ARMAZÉM:

MODELO M B 841 B	25 H. P. — 1.000 R. P. M.
MODELO M 202 B	55 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 203 B	90 H. P. — 1.200 R. P. M.
MODELO M 204 B	120 H. P. — 1.200 R. P. M.

OUTROS MODELOS PARA ENTREGA MUITO RÁPIDA

MOTORES A 4 TEMPOS - ARREFECIMENTO POR ÁGUA
ARRANQUE A AR COMPRIMIDO OU ELÉCTRICO

REPRESENTANTES C. SANTOS LDA. — DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA

29, AV. DA LIBERDADE, 41 — LISBOA
160, R. DE S.TA CATARINA, 168 — PORTO

Celulite

ISOLAMENTO
TÉRMICO DAS
CONSTRUÇÕES

PAVIMENTOS
*
TECTOS
*
PAREDES
*
CÂMARAS
FRIGORÍFICAS
*
ISOLAMENTOS
INDUSTRIAIS

Terraços e pavimentos isolados com CELULITE no edifício da Comp.ª de Seguros Fidelidade — P. das Águas Livres — Lisboa

SETH, LDA. ✦ RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.º ✦ TEL. 73 01 56 — LISBOA

Para impermeabilizar terraços,
paredes, fundações, etc.

COLAGEM DE
TACOS DE MADEIRA

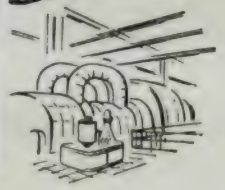
TELEF. 73 0156 TELEG. EPALDA — LISBOA

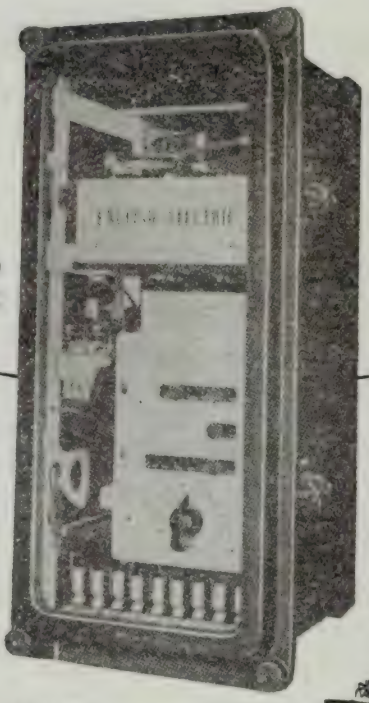
EMPREZA DE PRODUCTOS ASFÁLTICOS
IMPERMEABILISADOR
IMEPA
RUA FILIPE FOLQUE, 10-1.º - LISBOA

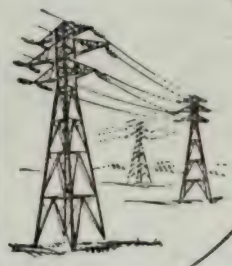
FÁBRICA EM SACAVÉM

Produtor ao Consumidor

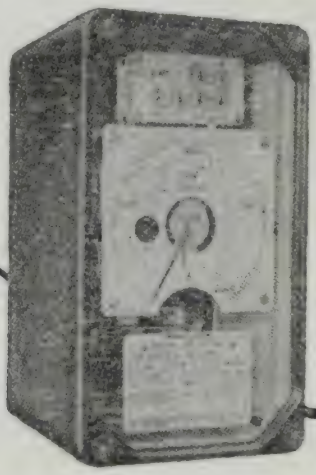
INSTRUMENTOS
INDICADORES



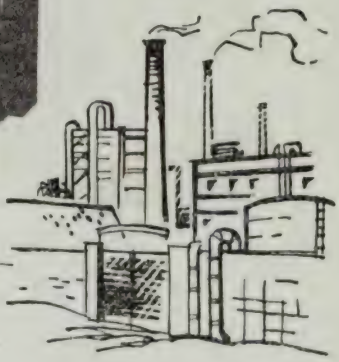




RELÉS DE PROTECÇÃO
E AUXILIARES



CONTADORES
PARA TODOS OS USOS



'ENGLISH ELECTRIC'

contadores, relés e instrumentos

ENGLISH ELÉCTRICA DE PORTUGAL, LIMITADA

Rua Cascais, 47 (Alcântara) — LISBOA 3

Standard Electrica S.A.R.L.

Associada da

INTERNATIONAL TELEPHONE AND TELEGRAPH CORPORATION

DE NOVA YORK

TELECOMUNICAÇÕES

ELECTRÓNICA

AV. DA INDIA — LISBOA

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

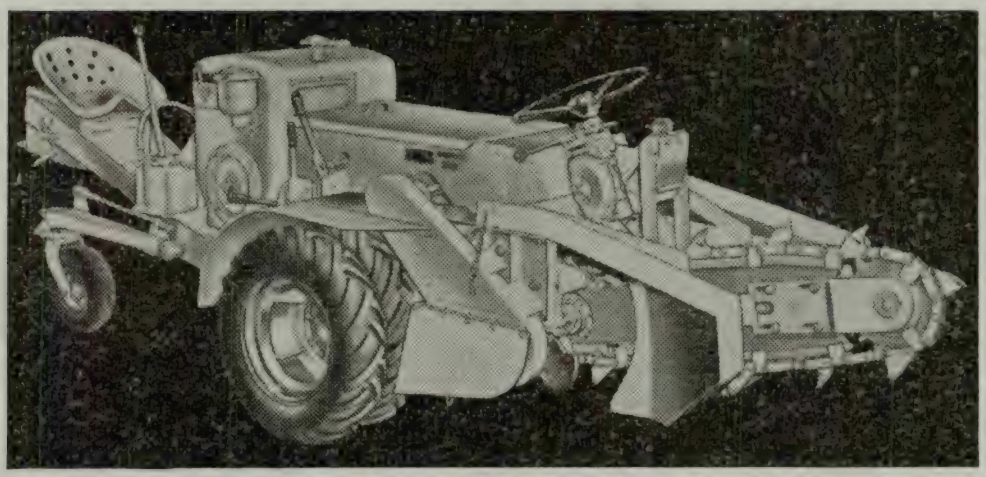
permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 32 0464 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto



Nenhum abre-valas iguala o Barber-Greene, modelo 702-A, em trabalhos de escavação e abertura de valas para colocação de cabos ou tubos.

Operação mais fácil, gastos de manutenção mais reduzidos, maior poder de manobra..... eis o que vos oferece

o novo abre-valas, Barber-Greene, modelo 702-A

O abre-valas Barber-Greene, modelo 702-A estabelece novos máximos de economia e rendimento no trabalho de abertura de valas estreitas destinadas à colocação de cabos eléctricos, telefónicos e tubagens de toda a espécie, porque abre-valas com a maior rapidez e economia jamais alcançadas.

Maior potência e uma nova linha de baldes mais pequena permite-lhe trabalhar em materiais mais rijos.

As rodas duplas oferecidas como equipamento opcional permitem trabalhar em solos pouco estáveis.

Como equipamento extra oferece, também, arranque eléctrico, e roda trazeira dupla para maior estabilidade.

Para informação detalhada dirija-se ao representante exclusivo.

Barber-Greene Overseas, Inc.
Barber-Greene Company, Aurora, Ill., U.S.A.

BG

Barber-Greene Olding & Co., Ltd., England
Barber-Greene Canada, Ltd., Canada

REPRESENTANTE EXCLUSIVO:

SMEIA

SOCIEDADE DE MECANIZAÇÃO INDUSTRIAL E AGRÍCOLA, S. A. R. L.

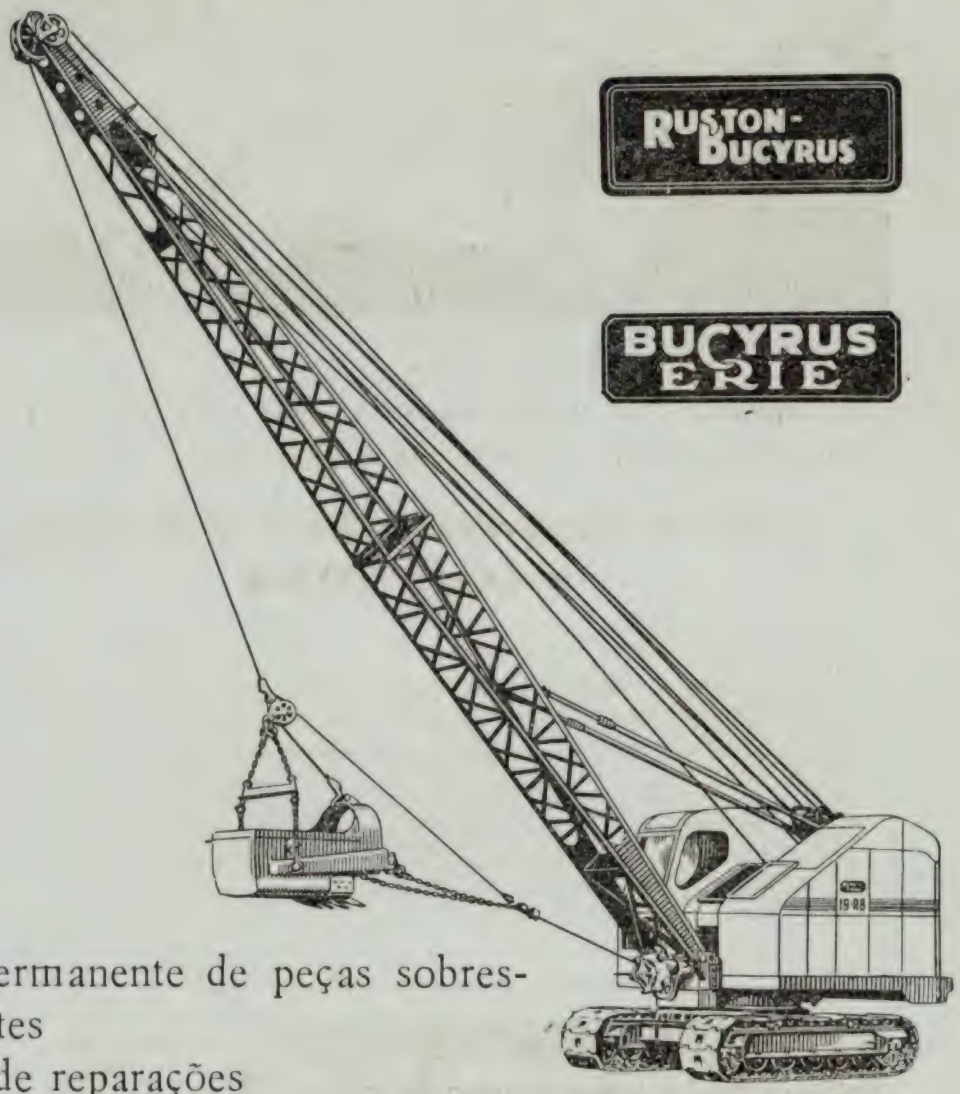
Avenida Padre Manuel da Nóbrega, 8
LISBOA

59-516-D

ESCAVADORAS

RUSTON-BUCYRUS, LTD. E BUCYRUS-ERIE & CO.

Modelos de 3/8 a 36 jardas cúbicas



Stock permanente de peças sobressalentes
Oficina de reparações
Técnicos e mecânicos especializados
Ensino e treino de operadores

Representantes exclusivos para Portugal Continental e Ultramarino

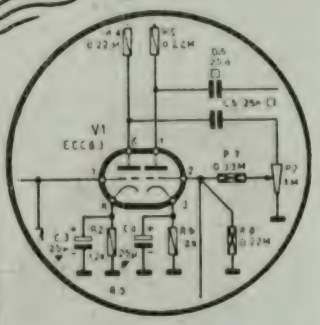
MONTEIRO GOMES, LIMITADA

Rua Cascais, 47 (Alcântara)

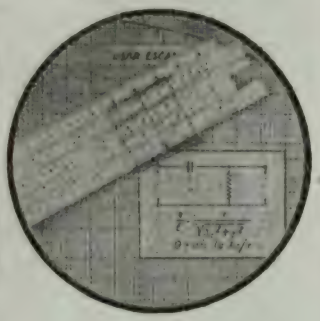
LISBOA

LUANDA **PORTO** LOURENÇO MARQUES

EQUIPAMENTO DE AMPLIFICAÇÃO DE SOM



BEM CONCEBIDO CALCULADO CONSTRUIDO



LESA

A grande marca italiana

Representantes em Portugal

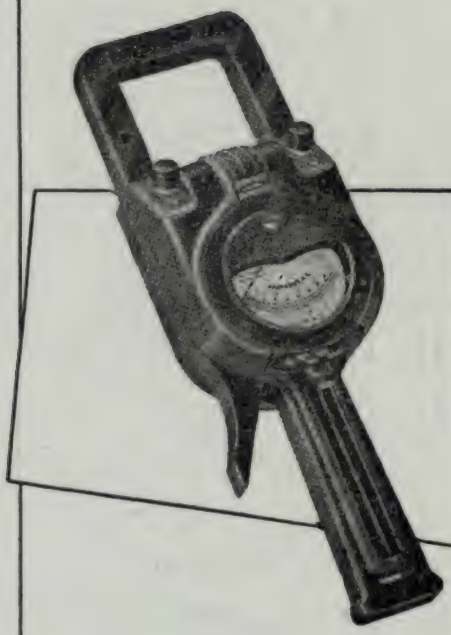
TELECTRA

EMPRESA TECNICA DE EQUIPAMENTOS ELECTRICOS, S. A. R. L.

Rua Rodrigo da Fonseca, 103, r/c
LISBOA — Tel. 68 60 72

Rua Sá da Bandeira, 766-1.º E.
Tel. 2 48 18 — PORTO

PINÇAS FERRANTI



PINÇAS VOLT—AMPERIMÉTRICAS

7 ESCALAS

EM AMPÈRES	EM VOLTS
0 – 10 AMPS.	0 – 150 V
0 – 25 »	0 – 600 »
0 – 100 »	
0 – 250 »	
0 – 1000 »	

PINÇA WATTIMÉTRICA

7 ESCALAS

0 – 3 KW
0 – 6 »
0 – 12 »
0 – 30 »
0 – 60 »
0 – 120 »
0 – 300 »

REPRESENTANTES:

C. SANTOS LDA.

29, AVENIDA DA LIBERDADE, 41 — LISBOA

DIVISÃO MARÍTIMA E TÉCNICA
T. DA GLÓRIA, 17—LISBOA
160, R. STA. CATARINA, 168—PORTO

COMPANHIA PORTUGUESA DE FORNOS ELÉCTRICOS

PRODUTORA DE

FERRO GUSA

FERRO LIGAS

FERRO-MANGANÊS

SÍLICO-MANGANÊS

FERRO-SILÍCIOS

15 % - 25 % - 45 % - 75 % - 90 %

CARBONETO DE CALCIO

CIANAMIDA CÁLCICA

PASTA PARA ELÉCTRODOS

E EM MONTAGEM

GRAFITE

FÁBRICAS
CANAS DE SENHORIM
Telefone 67222

SEDE
Largo de S. Carlos, 4 - 2.º — LISBOA
Telefones 325343-35556-368989

AÇO TOR

O AÇO DE ALTA RESISTÊNCIA
PARA BETÃO ARMADO COM
MAIOR VENDA NO MUNDO

TENSÃO DE SEGURANÇA 2 400 Kg/cm²
SEM GANCHOS

Especifique
AÇO TOR
com o símbolo

SOABAL – SOCIEDADE DE AÇOS PARA BETÃO ARMADO, LDA.
RUA JOAQUIM BONIFÁCIO, 2, 1.º — TELEF. 4 05 66 — LISBOA

TÉCNICA

DIRECTOR: MIGUEL FALCÃO
ADMINISTRADOR: RAMIRO CONFRARIA
SECRETÁRIO: JOSÉ MANUEL GONÇALVES

Ano XXXVI — N.º 316 Novembro de 1961

C. D. U. 001,89 : 331.753

Profissionalismo, especialização, investigação, estrutura, criação e progresso

Pelo Eng.º Químico-Industrial LUÍS A. DE ALMEIDA ALVES
Director do I. S. T.

Quando Einstein estabeleceu as bases da Teoria da Relatividade, estava muito longe talvez de poder supor que o espaço-tempo a quatro dimensões, de significado exclusivamente científico, seria susceptível de vir a tornar-se o símbolo mais representativo da capacidade de progresso do Mundo moderno.

É evidente, no entanto, que não se pode ter a pretensão de estabelecer qualquer correlação válida entre a Teoria da Relatividade e o sistema definidor do progresso; simplesmente, é um facto inegável que, se a coordenada tempo não fizer parte da conjuntura científico-técnico-económica, o progresso das Sociedades contemporâneas não tem possibilidade de se processar.

Já vão longe os tempos em que a descoberta científica era um espécie de dádiva dos sábios, a enriquecer aos poucos o património intelectual da Humanidade, sem qualquer sujeição a prazos ou a objectivos prè-determinados. Estamos pelo contrário, numa época alucinante em que a actividade científica é, em grande parte, constituída por «empreitadas» de maior ou menor envergadura, tendentes a dar solução a problemas prementes de concorrência comercial ou de poderio militar.

Deve notar-se que a actividade científica com fins especìficamente militares, se limita, como é lógico, às chamadas grandes potências, por serem as únicas que dispõem de recursos financeiros suficientes e da investigação geral indispensável, em particular no domínio dos materiais, dos combustíveis, da electrónica e da física nuclear.

Aparece assim nesses países, um reflexo da investigação para fins pacíficos, na solução dos problemas militares, o que por um lado, representa uma forma prática de a subsidiar e, por outro lado, conduz, por via indirecta, a um incremento sensível nos programas de formação do pessoal científico e técnico.

Nos restantes países, em que as despesas militares têm de ser orientadas para o aspecto executivo de garantir a segurança nacional, a investigação científica e técnica tem como motivação principal a concorrência no campo económico, o que não quere dizer que não se revista do mesmo carácter de necessidade e de urgência.

É por isso que nenhum País se pode eximir a actuar de acordo com uma concepção relativista do progresso; apenas há que ter em linha de conta que esta forma de actuação não pode constituir uma obrigação exclusiva dos cientistas e dos técnicos, mas tem de dar origem a uma mentalidade nacional generalizada, que faça ter em consideração a importância do factor tempo, como desafio permanente às oportunidades de sucesso.

Acontece porém que o tempo passa vertiginosamente, num ritmo inflexível e constante e nessas condições, representa sempre uma fonte inesgotável de preocupações para quem tem de produzir, de realizar ou de organizar.

E é precisamente por se ter passado um mês sem que a «Técnica» tenha conseguido o artigo de abertura para este número, que eu me prontifiquei a escrevê-lo, apesar de ter publicado outro artigo do mesmo género no número anterior.

* * *

Há pouco tempo, estava a concretizar a um aluno do sexto ano do Liceu, o conceito de derivada e dei-lhe como exemplo, o cálculo da derivada da função $y = 3x^9 - 5x^6 + 3x^2 - x$.

O aluno perdeu quase uma hora a calcular potências de binómios (porque ainda não conhecia o desenvolvimento de Newton) e acabou por chegar a um resultado errado, sendo o erro detectado, como é natural, em menos de dois minutos.

Este facto conduziu-me insensivelmente a meditar sobre o que se escreve sobre o problema do progresso, porque em muitos casos, as conclusões a que se chega, no fim de raciocínios extensos e complicados, podem ser bastante erradas, mas os erros cometidos são em geral, fàcilmente detectáveis.

Com efeito, parte da literatura existente sobre este tema pode apresentar em geral, as seguintes gradações:

1) A apologia das vantagens do progresso, comparando-se entre si nações de diferentes graus de desenvolvimento, apresentando-se índices de referência e citando-se estatísticas mais ou menos completas.

Este é o tipo de literatura que conclui por norma, pela crítica aos dirigentes responsáveis.

2) A importância da investigação no processamento do progresso, com a indicação das verbas que obriga a movimentar, da sua incidência relativa em função de determinados valores globais e dos exemplos representativos à escala mundial.

Este tipo de literatura conclui normalmente pela impossibilidade de se fazer investigação, se as verbas disponíveis não estiverem de acordo com os standards internacionais.

3) O papel da Universidade na investigação, com referência à missão dos professores, ao apetrechamento escolar e à participação dos alunos.

É este tipo de literatura que acaba por conduzir quase sempre, à conclusão de que não pode haver progresso, enquanto o problema da investigação nas Universidades não for efectivo.

4) A importância dos organismos de investigação, salientando-se a sua projecção nacional, a totalidade das suas dotações e o âmbito de acção dos seus trabalhos.

Com este tipo de literatura, conclui-se geralmente pelas limitações dos organismos de investigação se não forem convenientemente dotados em pessoal e material.

E, em face destes tipos esquemáticos, a pergunta que se põe naturalmente é a de saber se as conclusões a que se chega são certas ou erradas porque, por muito paradoxal que possa parecer, a resposta a dar está muito longe de ser evidente.

* * *

A dificuldade da resposta reside no facto de não se poder considerar o *progresso* e a *investigação* como conceitos isolados, mas terem de ser considerados como elos de uma cadeia, cuja sequência é a seguinte:

Profissionalismo — Especialização — Investigação — Estrutura — Criação — Progresso

Analisemos então cada um dos tipos de literatura mencionados na exposição anterior, em face desta cadeia.

1) Se se fizer uma crítica aos dirigentes pelo facto de não haver progresso, essa crítica será válida se houver profissionalismo, especialização, investigação, estrutura e criação e estes factores

não forem utilizados no sentido do progresso; mas se estes factores não existirem, o problema é intrìnsecamente muito diferente.

2) Se se discutirem as verbas da investigação e houver o profissionalismo e a especialização indispensáveis, a crítica é totalmente válida; mas se a investigação se destinar a ser improvisada, a crítica perderá pràticamente a sua razão de ser.

3) Se a investigação feita nas Universidades for aproveitada no sentido da criação, a validade da crítica não pode ser posta em dúvida; mas se apenas se traduzir em trabalhos de interesse circunscrito que não sejam utilizados com qualquer finalidade, a crítica pode tornar-se bastante discutível.

4) Se os organismos de investigação tiverem programas bem estabelecidos, integrados dentro de um determinado plano geral, a crítica é aceitável; se a actividade desses organismos for mais ou menos dispersa e indefinida, a crítica fica até certo ponto, atenuada.

Como se vê, todos os problemas postos podem ter um significado variável de acordo com as premissas adicionais que se lhes introduzem.

Estas premissas resultam de haver, na apreciação desses problemas, muitos casos de «equações incompatíveis» que não são tomados na devida consideração.

Assim, há quem seja paladino do *progresso* mas não acredite nas vantagens da *investigação*; há quem defenda a *investigação*, mas seja contrário ao conceito de *especialização*; há quem aceite a *especialização* mas não reconheça a necessidade de um verdadeiro *profissionalismo*; há quem recomende a *investigação* mas não pense na *estrutura* em que se deva desenvolver; há quem se preocupe com a *estrutura* e não sinta a necessidade de a preencher com o grau de *especialização* indispensável; há quem reconheça a importância da *criação*, mas não a considere como parcela do *progresso* geral; há quem pretenda intervir no *progresso*, mas ignore por sistema os resultados da *criação* dos outros.

Além destas sete variantes de incompatibilidades, talvez fosse possível arranjar ainda mais e àcerca delas, o menos que se pode dizer talvez é que traduzem uma grande confusão.

Esta confusão resulta da ausência de significado do conceito de «acordo» quando este se situa no terreno impreciso da «zona de irresponsabilidade». Sobre este assunto tive ocasião de afirmar, ainda há pouco tempo (1):

«Com efeito, a identidade de opiniões sobre um determinado assunto, pode não corresponder efectivamente, a qualquer forma de acordo. Basta para isso, que ela se verifique naquela região de equacionamento dos problemas que poderemos designar por «zona de irresponsabilidade».

«Concretizemos melhor.

«Suponhamos que dois indivíduos têm a mesma opinião sobre o seguinte ponto: «Todas as pessoas devem ter um nível de vida elevado». Pergunta-se: Essa opinião comum terá algum significado?

«Na realidade, não tem, porque a existência de um nível de vida elevado não é um problema de opinião, mas sim um problema de métodos para o atingir. Por isso, essa identidade de pontos de vista não traduz efectivamente, um acordo produtivo, que tenha só por si qualquer reflexo sobre o aumento do nível de vida. E como posição extrema, podemos até referir a conhecida caricatura do banquete dos formalistas em que, na altura dos discursos, um dos presentes se levantava com toda a solenidade e pedia aos restantes convivas que o acompanhassem um brinde aos pobres que iria fazer a seguir».

E não me parece que o problema seja susceptível de ser encarado de maneira diferente.

---

(1) — «A Missão dos Dirigentes na Sociedade Moderna», conferência proferida na Residência Universitária dos Álamos em 5 de Junho de 1961 e publicada no n.º 34 da revista «Binário».

* * *

As considerações feitas anteriormente, permitem-nos formular a seguinte base de raciocínio:

Se, numa dada colectividade, fôr muito elevada a percentagem das pessoas que incorrem em algumas das incompatibilidades atrás mencionadas, a potencialidade de progresso vem grandemente reduzida.

Mas podemos admitir ainda que todas essas pessoas são dinâmicas, no sentido corrente; e, nessas condições, o problema parece ser insolúvel porque cada um se considera satisfeito por poder afirmar que faz o mais que pode, dentro das suas limitações.

Esta conclusão não é verdadeira, porque o que é fundamental para o progresso é que o *tempo pertença ao sistema de coordenadas* e não que seja apenas reduzido ao mínimo, mantendo a sua característica clássica de ser exterior ao sistema.

Por outras palavras, o que interessa não é demonstrar no fim de cada dia, que se trabalhou muito ou que se interferiu muito; o que interessa é associar a cada acto elementar da vida profissional, uma característica de tempo óptimo, quer em relação a si próprio, quer em relação às actividades inter-ligadas, quer em relação à colectividade em geral.

Se alguém correr para apanhar o combóio e o perder por um minuto, o esforço que fez para o apanhar não teve qualquer mérito efectivo, porque o único mérito real teria consistido em chegar antes do combóio partir e esse não seria diminuido se tivesse utilizado um automóvel em que fosse còmodamente instalado.

Pela mesma razão, não tem qualquer mérito andar a correr para apanhar o «combóio» do progresso, se se chegar atrazado; e, neste caso, também há «automóveis» à disposição, que são o profissionalismo, a especialização e a estrutura adequada e sem os quais não é possível chegar a horas.

O progresso, a investigação e a criação não se processam à custa de rasgos de boa vontade, de intuïção ou de bom senso; na realidade, se alguém se oferecer para fazer progresso, só com essas qualidades, talvez dentro de poucos anos, tenha de reservar todo o seu espírito inventivo para tentar convencer os outros de que não falhou.

O Homem da nossa era tem de ter uma mentalidade profundamente profissional, porque se não tiver essa mentalidade não consegue ser eficiente na sua missão básica de *servir* a colectividade e, sendo assim, não vale a pena atacar as instituições, como bodes expiatórios mais ou menos indefesos das consequências que se originam em fenómenos individuais.

Num artigo publicado há pouco tempo (1), afirmei que era necessário que tivessemos a coragem de deixar de ser modestos. Mas isso não é incompatível com a coragem de fazermos uma auto-crítica sincera, que nos leve a concluir que muitas das deficiências que apontamos aos outros não são muitas vezes mais do que resultados de determinados erros que muito se assemelham àqueles que nós próprios cometemos.

---

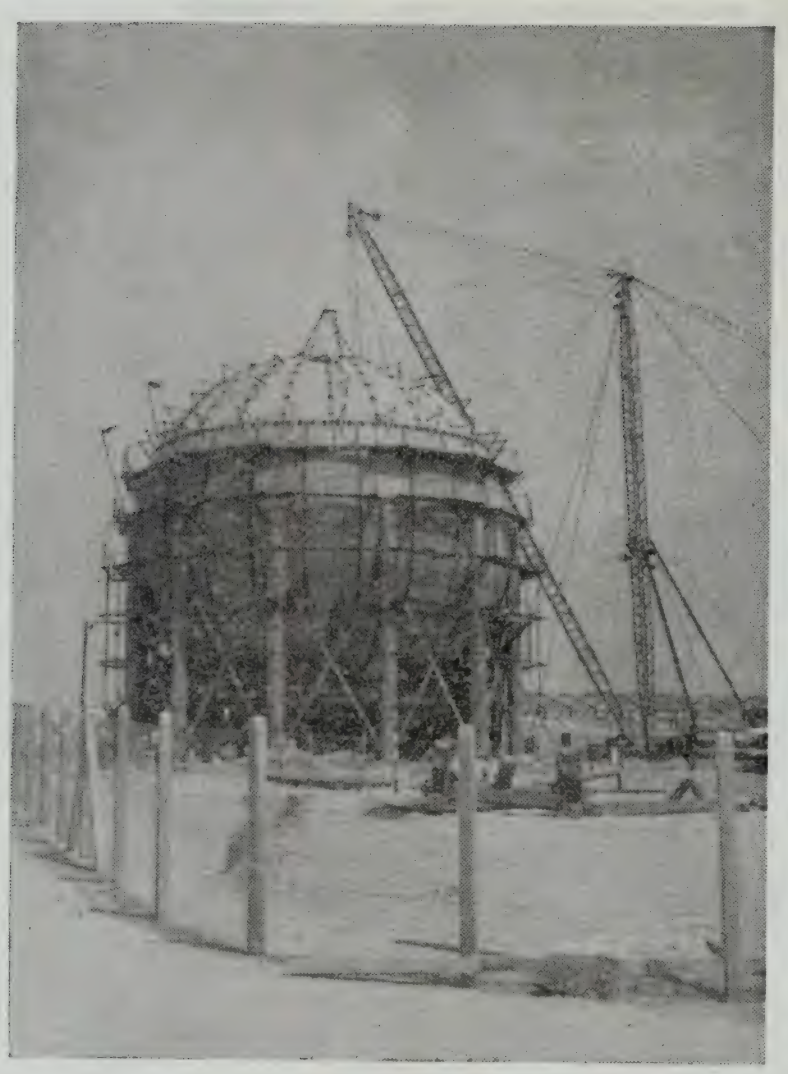
(1) — «Os Parâmetros Dinâmicos do Progresso», «Técnica» n.º 309, Fevereiro de 1961.

MAGUE

CONSTRUÇÕES METALO-MECÂNICAS MAGUE, L.DA
(S. E. MONIZ DA MAIA & VAZ GUEDES, L.DA)
Alverca — Portugal

Guindaste eléctrico de 6 t/23 m, instalado no cais da Siderurgia Nacional

PROJECTO E FABRICO DE
PONTES ROLANTES
GUINDASTES
GRUAS. DERRICKS E GUINCHOS
APARELHOS DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS
CONSTRUÇÕES METÁLICAS PESADAS



ESFERA

PARA

ARMAZENAGEM

DE

AMONÍACO

AÇOS VAZADOS • FERROS FUNDIDOS
MECÂNICA MÉDIA E PESADA
CONSTRUÇÕES METÁLICAS

comportas
turbinas
condutas forçadas
reservatórios sob pressão
permutadores de calor (Licença KELLOG)

REDUTORES DE VELOCIDADE

DIVISÃO METALO-MECÂNICA

COMPANHIA UNIÃO FABRIL

AV. 24 DE JULHO, 170 — LISBOA 2 — TELEFONES 67 04 21 E 61 20 61 — TELEGRAMAS: METALOFABRIL

C. D. U. 622.233.026.3

PERFURABILIDADE DE ROCHAS

POR FERNANDO DE MELLO MENDES
Eng.º de Minas, I. S. T.
Professor do Instituto Superior Técnico

1 — Generalidades

Para a elaboração racional dum projecto de arranque mineiro é indispensável conhecer o trabalho que é necessário desenvolver para a perfuração das rochas a arrancar ou, pelo menos, a maior ou menor dificuldade que essas rochas oferecem à perfuração.

Tais dados não podem ser, de modo algum, arbitrados de acordo com as caracterizações petrográficas das rochas pois, sob a mesma designação, podem ocorrer espécies com propriedades físicas muito diferentes.

Entre as propriedades físicas das rochas que influem no trabalho de perfuração podemos considerar a *dureza*, a *compacidade*, a *coesão*, a *resistência*, a *rigidez*, a *friabilidade*, a *homogeneidade*, a *fissibilidade*, etc. Porém, como todas estas propriedades se manifestam, simultâneamente, em todas as rochas, podendo estar reunidas das maneiras mais diversas, é pràticamente impossível utilizar os valores característicos, isolados, de quaisquer delas para definir as oposições que as rochas oferecem à perfuração.

Este facto traduz também a grande dificuldade — podemos mesmo dizer, no caso geral, a impossibilidade — de utilizar os resultados dos ensaios correntes de propriedades físicas de rochas para definir directamente, a partir deles, as maiores ou menores oposições à perfuração que pretendemos caracterizar.

A fraca aplicabilidade de tais ensaios ao problema de que estamos tratando fica bem patente se passarmos em revista os seus tipos mais correntes.

Assim, nos ensaios de resistência ao choque, nos quais se quebra uma amostra de rocha por meio de uma acção de impacto, apenas se pode avaliar, grosseiramente, por um lado a dureza da rocha, pela reacção à acção de impacto, por outro a força necessária para obter a rotura.

Noutro tipo de ensaio simples, avalia-se a maior ou menor facilidade de riscar com uma lâmina de aço a superfície de uma amostra de rocha; tais ensaios apenas nos permitem classificar as rochas em mais ou menos brandas.

Nos ensaios, muito conhecidos, de resistência ao esmagamento, essa resistência é determinada carregando, até à rotura, provetes cúbicos ou cilíndricos de rocha; não é fácil, contudo, generalizar os seus resultados a condições diferentes de solicitação.

Nos ensaios de resistência ao atrito, que se realizam, normalmente, desgastando a superfície duma amostra de rocha com uma mó abrasiva rotativa, admite-se que o volume do material desgastado varia na razão inversa da resistência ao atrito procurada; é fácil de ver que é muito limitado o interesse dos resultados assim conseguidos no que respeita à realização de trabalhos industriais de perfuração.

Nos ensaios de dureza, com celeroscópio, mede-se o valor daquela propriedade por meio da altura do ressalto, sobre a superfície polida duma amostra de rocha, dum corpo de características normalizadas, que se deixa cair em condições também normalizadas; a grande diferença entre estas condições e as correspondentes às operações de perfuração industrial não permite a utilização prática directa dos resultados obtidos.

Os ensaios de maior interesse são, ainda, os de penetração, como os do tipo adoptado por Franssen, nos quais se faz penetrar um dado cortante na rocha, sob uma certa pressão, medindo-se as profundidades de penetração sob carga e depois da sua supressão, o que permite determinar deformações permanentes; porém, os resultados que se obtêm desprezam a influência de vários factores que governam as operações de perfuração industriais.

O que na realidade interessa é determinar os valores duma característica específica da rocha que, englobando as influências das suas diversas propriedades físicas, permita ajuizar, como dis-

semos, da maior ou menor dificuldade que essa rocha oferece à perfuração e, consequentemente, permita prever os custos operatórios respectivos.

É esta característica que designamos por *perfurabilidade* (*).

No presente artigo propomo-nos precisar a noção de perfurabilidade, apresentar métodos para a sua determinação e realçar as vantagens do conhecimento dos valores característicos respectivos.

2 — Análise sumária das condições em que se efectua o trabalho de perfuração

Como é sabido, utilizam-se industrialmente dois processos distintos de perfuração: por rotação e por percussão.

Na perfuração por rotação é necessário aplicar, sobre o cortante utilizado, uma certa pressão mínima, para o fazer «morder» a rocha antes de nela penetrar realmente. A essa pressão é costume dar a designação de *pressão crítica*.

Se o ataque é feito com uma pressão menor, apenas se consegue, pràticamente, desgastar o cortante.

Em contrapartida, se se ultrapassa a pressão crítica, o cortante «enterra-se» mais na rocha, cravando-se nela tanto mais quanto maior é a pressão. Porém, como a superfície de contacto dos cortantes também é tanto maior quanto mais profundamente estão cravadas na rocha, a profundidade do corte não é proporcional ao valor da pressão exercida.

Segundo Besigh-Kühne, a variação da profundidade de corte e com a pressão p segue a lei

$$e = c_1 \cdot \log \frac{p}{p_k} \qquad (1)$$

onde p_k é a pressão crítica e c_1 uma constante.

Na perfuração por percussão é também necessário um certo trabalho mínimo de percussão para o cortante começar a penetrar na rocha, trabalho esse que, paralelamente ao caso anterior, se designa por *percussão crítica*.

(*) Termo correspondente à designação inglesa *drillability* e à francesa *caractéristique de forage*.

É evidente que, no caso de rochas anisótropas, a perfurabilidade poderá variar, sensìvelmente, com a direcção considerada.

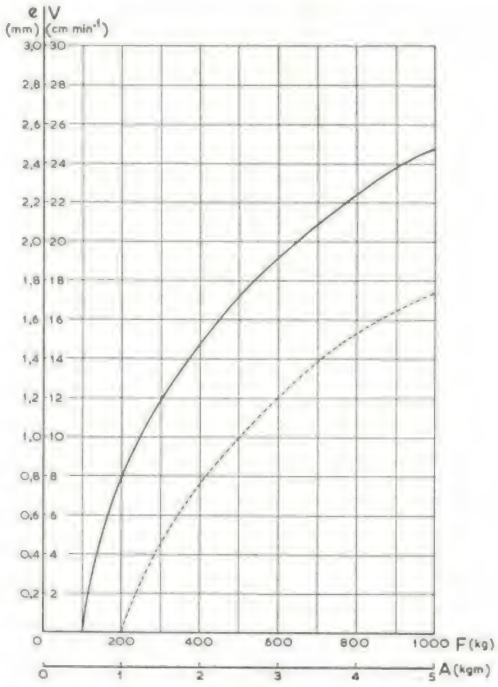
Também paralelamente àquele caso, aumentando a energia de percussão não se obtêm velocidades de penetração proporcionais às energias de percussão utilizadas.

De acordo com os especialistas suecos de perfuração, verifica-se a relação

$$V = c_2 \cdot (A - A_o)^a \qquad (2)$$

em que V é a velocidade de penetração, A e A_o são, respectivamente, a energia de percussão realmente aplicada e a energia de percussão crítica, e c_2 e a são constantes.

As curvas correspondentes às fórmulas (1) e (2) (*) têm andamentos como o representado, a traço cheio, na Fig. 1, em que F representa o esforço resultante da aplicação duma pressão p.



RELAÇÕES ENTRE A PROFUNDIDADE DE PENETRAÇÃO (e) E O ESFORÇO DE AVANÇO (F), NO CASO DA PERFURAÇÃO POR ROTAÇÃO, E ENTRE A VELOCIDADE DE PENETRAÇÃO (V) E A ENERGIA DE PERCUSSÃO (A), NO CASO DA PERFURAÇÃO POR PERCUSSÃO.

(segundo SIEVERS)

Fig. 1

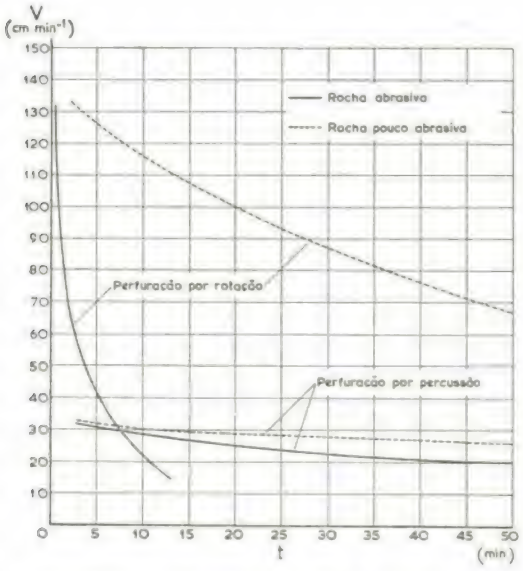
Nesta figura, admitimos que a curva a traço cheio diz respeito, tanto no caso duma perfuração por rotação como no caso duma perfuração

(*) Sendo $a < 1$

por percussão, sòmente a uma dada rocha e a um determinado estado dum cortante. À medida que este vai ficando menos aguçado e, por consequência, vai penetrando menos profundamente na rocha, iremos obtendo curvas, sucessivamente deslocadas no sentido das abcissas positivas, as quais podem tomar, em certo momento, a posição esquemàticamente apresentada a tracejado.

Um deslocamento idêntico das curvas pode ter lugar se se verifica maior resistência oposta pela rocha à penetração, mesmo que o cortante utilizado não apresente, pràticamente, qualquer desgaste.

São estas as razões por que, no decurso da execução dum mesmo furo, a velocidade de penetração varia contìnuamente, conforme a resistência à perfuração oposta pela rocha e conforme o estado do cortante, dependendo assim, lògicamente, do tempo necessário para que este se desgaste.



VARIAÇÕES DAS VELOCIDADES DE PENETRAÇÃO EM FUNÇÃO DOS DESGASTES DOS CORTANTES

(segundo SIEVERS)

Fig. 2

No que respeita à aplicabilidade das fórmulas (1) e (2), o que acabamos de dizer significa que as constantes que nelas entram apenas podem ser consideradas como tal para determinadas características das rochas e determinados estados dos cortantes.

No caso geral, a variação da velocidade de penetração com o tempo tem muito mais importância nas perfurações por rotação que nas perfurações por percussão.

Na Fig. 2 indicam-se, a traço cheio, para os dois processos de perfuração, curvas representativas das velocidades de penetração em função da duração de perfurações efectuadas, nos dois casos, na mesma rocha quartzosa, com cortantes modernos de metal duro.

Na perfuração por rotação, a velocidade de penetração diminui muito ràpidamente, logo de início, por ser grande o desgaste que ocorre no cortante. No caso da perfuração por percussão, a velocidade é inicialmente menor, mas a sua posterior variação com o desgaste do cortante é pequena.

Na mesma figura representam-se também, a tracejado, curvas correspondentes a perfurações efectuadas, pelos mesmos dois processos, numa rocha pràticamente da mesma dureza, mas pouco abrasiva. Observam-se, muito marcadamente no caso da perfuração por rotação, menores variações das velocidades de penetração.

3 — Noção de perfurabilidade

Do que expusemos ressalta o facto de só se poder apreciar a perfurabilidade duma rocha desde que se possuam, simultâneamente, elementos sobre a velocidade de penetração e sobre o desgaste dum dado cortante, trabalhando nessa rocha.

Numa operação de perfuração, a velocidade de penetração influi nos tempos necessários para a realizar, tempos estes que é preciso conhecer para calcular, por exemplo, as possíveis velocidades de avanço dos trabalhos mineiros e as despesas correspondentes de mão-de-obra e de energia. O desgaste dos cortantes permite avaliar as parcelas do custo da perfuração respeitantes a consumo de barrenas, percelas estas por vezes muito importantes.

Ambos esses factores devem entrar, assim, na definição de *perfurabilidade* duma rocha. Esta definição deve pois ser dada por meio de dois coeficientes característicos, um traduzindo as possíveis velocidades de penetração na rocha, outro permitindo avaliar o maior ou menor desgaste que esta provocará nos cortantes que a perfurarem.

Como Sievers, designaremos esses coeficientes,

respectivamente, por *coeficiente de penetração* e *coeficiente de desgaste*.

Se representarmos o primeiro por J e o segundo por C, a perfurabilidade duma rocha será definida por um par de valores (J, C).

Contudo aparece, por vezes, na literatura da especialidade, o termo «perfurabilidade» para designar a velocidade de penetração em determinadas condições, ou seja, aquilo que acabamos de definir como «coeficiente de penetração». Não concordamos pois, pelo que já dissemos, é bem claro que tal coeficiente não chega para caracterizar a perfurabilidade duma rocha.

4 — Determinação do coeficiente de penetração, em perfurações por percussão, segundo o método de Fraenkel

Numa perfuração por percussão, com ar comprimido (caso mais geral das perfurações industriais com interesse mineiro), a velocidade de penetração depende de numerosos factores:

- — características petrográficas e geológicas da rocha a perfurar (composição, impurezas, estrutura, grau de fissuração, etc.),
- — características da máquina perfuradora,
- — características da barrena utilizada,
- — características do cortante dessa barrena (diâmetro, composição e forma),
- — pressão do ar comprimido,
- — pressão da água de injecção,
- — esforço exercido para o avanço.

Atendendo à influência de todos estes factores, Fraenkel define o *coeficiente de penetração* duma rocha (*) como sendo a velocidade de penetração, expressa em $cm.min^{-1}$, que se verifica, nessa rocha, em condições técnicas normalizadas de perfuração corrente (determinado martelo perfurador, determinadas pressões do ar comprimido e da água, determinada pressão de avanço, barrena e cortante de determinadas características, determinadas condições gerais de perfuração). Para garantia de que não há modificações importantes no diâmetro e nas condições de afiamento dos cortantes, durante as perfurações, fixa ainda que a profundidade destas não deve ultrapassar 2 m.

(*) A este coeficiente de penetração Fraenkel chama «perfurabilidade», com o que não concordamos, pelo que dissemos.

As condições técnicas que Fraenkel utiliza, como padrão, são: perfuração horizontal com um martelo perfurador *Atlas Diesel RH 656W* (19 kg), ar comprimido à pressão de 6,5 $kg.cm^{-2}$, água à pressão de 4 $kg.cm^{-2}$, esforço de avanço, sobre o martelo, de 143 kg, barrena com cortante bisel, de metal duro, correctamente aguçado, com 33 mm de diâmetro.

É evidente que se pode referir o coeficiente de penetração a qualquer outro tipo de martelo e a quaisquer outras condições de perfuração.

O que interessa, na prática, é poder estabelecer as correlações dos resultados que se verificam noutras condições com os que se obtenham em determinações feitas nas condições que se adoptem como padrão para definição da escala de coeficientes de penetração.

Fraenkel procedeu a ensaios sistemáticos para determinar as influências da pressão do ar comprimido e do diâmetro do cortante na velocidade de penetração. De acordo com os resultados de tais ensaios, pôde estabelecer a equação

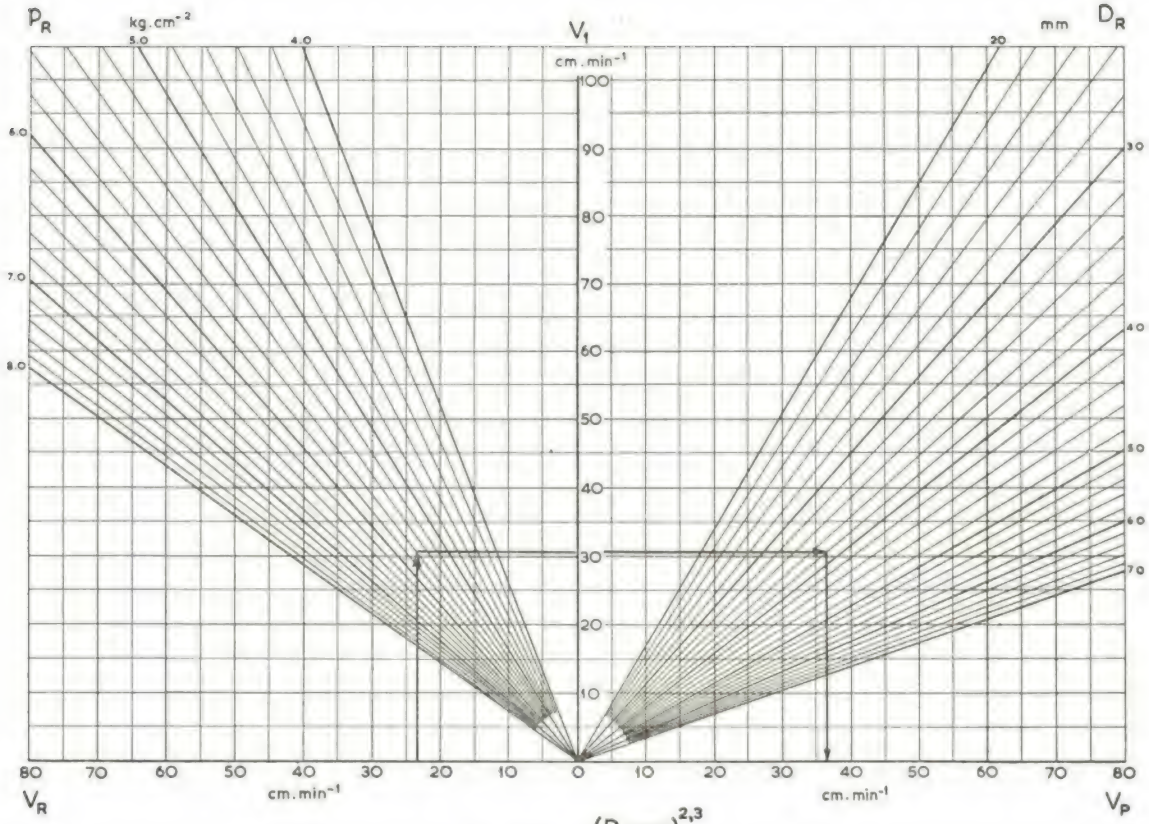
$$V_P = 0{,}0003 \,.\, V_R \,.\, \frac{(D_R + 30)^{2,3}}{p_R - 2{,}5} \qquad (3)$$

em que V_P é o coeficiente de penetração da rocha, ou seja a velocidade de penetração, em $cm.min^{-1}$ que se verificará nas condições normalizadas que adoptou (pressão do ar comprimido de 6,5 $km.cm^{-2}$ e diâmetro do cortante de 33 mm), V_R a velocidade real de penetração, medida, em $cm.min^{-1}$, p_R a pressão real do ar comprimido, medida, em $kg.cm^{-2}$ e D_R o diâmetro real do cortante, medido, em mm.

Com o auxílio desta equação, Fraenkel elaborou um nomograma, que reproduzimos na Fig. 3, o qual relaciona os diversos valores da velocidade de penetração, correspondentes e diferentes pressões do ar comprimido e a diferentes diâmetros de cortantes, com o coeficiente de penetração, estabelecido nas condições normalizadas que adoptou.

Desconhecemos os pormenores das experiências de Fraenkel, que lhe serviram para estabelecer a fórmula (3), pelo que decidimos proceder à sua verificação, para o caso da perfuração dum filádio mosqueado, rocha que com mais frequência se encontra nas explorações subterrâneas das Minas da Panasqueira.

Aproveitámos a realização de perfurações,



$$V_P = 0{,}0003 \cdot V_R \cdot \frac{(D_R+30)^{2,3}}{P_R - 2{,}5}$$

V_P — Coeficiente de penetração, em cm.min^{-1}, para pressão do ar comprimido de 6,5 kg.cm^{-2} e diâmetro do cortante de 33 mm

V_R — Velocidade real de penetração, em cm.min^{-1}

V_1 — Velocidade de penetração, em cm.min^{-1}, para pressão do ar comprimido de 6,5 kg.cm^{-2} e diâmetro real do cortante

P_R — Pressão real do ar comprimido, em kg.cm^{-2}

D_R — Diâmetro real do cortante, em mm.

COEFICIENTE DE PENETRAÇÃO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE PENETRAÇÃO
(segundo FRAENKEL)

Fig. 3

nessa rocha, utilizando martelos *Holman Silver Three* (22 kg), pràticamente novos, furando uns com barrenas *Coromant* com cortante de diâmetro nominal 33 mm, outros com barrenas da mesma marca mas com cortante de diâmetro nominal 27 mm.

Considerámos como constituindo uma operação de perfuração a abertura dum número de metros de furo correspondente ao trabalho de uma barrena, desde o momento duma afiação até atingir um estado de desgaste que justificasse outra afiação (estabelecemos que esta se faria quando a aresta de corte apresentasse uma faceta de 2 mm). Em cada perfuração, cujo comprimento foi medido, mediram-se também, rigorosamente, os diâmetros dos cortantes das barrenas utilizadas, bem como as pressões do ar comprimido e as velocidades de penetração (estas duas últimas grandezas várias vezes, tomando-se as médias aritméticas respectivas).

A partir das velocidades de penetração, pressões do ar comprimido e diâmetros dos cortantes, determinaram-se os coeficientes de penetração, para uma pressão do ar comprimido de 6,5 kg.cm^{-2} e diâmetro do cortante de 33 mm, utilizando o nomograma de Fraenkel (Fig. 3).

Os resultados finais das determinações, agrupados conforme os diâmetros nominais dos cortantes utilizados, constam do quadro seguinte.

Coeficientes de penetração de filádios mosqueados, para martelo *Holman Silver Three*, pressão do ar comprimido de 6,5 kg . cm^{-2} e diâmetro do cortante de 33 mm

(Calculados segundo a fórmula de Fraenkel)

Diâmetros dos cortantes		Perfurações		Coeficientes de penetração (e desvios-padrões) (cm.min^{-1})
Nominal (mm)	Máximo e mínimo utilizados (mm)	Número realizado	Comprimentos médios (e desvios-padrões) (m)	
33	33,4 31,4	24	15 (4)	52 (8)
27	28,1 26,4	31	16 (4)	64 (9)

Não obstante os valores dos desvios-padrões que caracterizam as médias apresentadas e o facto de não termos utilizado, para todas as determinações, o mesmo martelo, mas sim martelos sensìvelmente idênticos, pràticamente novos, os resultados conseguidos parecem provar que a fórmula ds Fraenkel não se aplica, correctamente, às rochas que estudámos.

De facto, não havendo razões para admitir diferenças sensíveis nas características médias das rochas perfuradas com os dois diâmetros nominais de cortantes, as médias dos coeficientes de penetração deveriam ter valores bastante próximos, o que não se verificou.

Sendo assim, parece-nos provável que a diferença entre tais valores seja devida à aplicação da fórmula de Fraenkel que, pelo menos no que respeita à consideração de diferentes diâmetros dos cortantes, não deve permitir utilização geral.

No que respeita às variações da velocidade de penetração com a pressão do ar comprimido, já a fórmula nos parece fornecer resultados interessantes, como se conclui dos desvios-padrões que caracterizam as médias dos coeficientes de penetração, desvios estes que não nos parecem exagerados atendendo às heterogeneidades que, à escala dos ensaios, podem caracterizar as rochas.

Possìvelmente, as rochas em que fizemos as nossas experiências são bastante diferentes das que Fraenkel utilizou nos seus estudos.

Não queremos por isso, de modo algum, afirmar que a fórmula de Fraenkel não foi correctamente estabelecida. Simplesmente, somos de opinião que é arriscado aplicá-la a qualquer tipo de rocha, sem a realização dos necessários ensaios de verificação.

É muito provável que, estudando em particular determinados tipos de rocha, se chegue a fórmulas diferentes da de Fraenkel, embora com o mesmo aspecto geral

$$V_P = \alpha \, . \, V_R \, . \, \frac{(D_R + \beta)^\gamma}{p_R - \delta}$$

mas com diferentes valores das constantes α, β e γ.

Quanto à constante δ, o valor 2,5 foi-lhe atribuído por Fraenkel atendendo a que, para pressões abaixo de 2,5 kg.cm^{-2}, o rendimento da maioria dos martelos pneumáticos correntes é pràticamente nulo; sendo assim, a fórmula deverá fornecer valores de coeficiente de penetração V_P teòricamente infinitos se se verifica qualquer velocidade de penetração V_R, para $p_R = 2{,}5$ kg.cm^{-2}.

Com o reduzido número de ensaios que realizámos não nos sentimos autorizados a introduzir qualquer modificação na fórmula de Fraenkel.

De resto, se falámos nos nossos ensaios foi apenas para justificar a opinião de que não devíamos considerar aquela fórmula com aplicação geral correcta a todas as rochas.

O grande interesse do trabalho de Fraenkel foi mostrar que é possível determinar, com relativa facilidade, pelo menos aproximadamente, o coeficiente de penetração duma rocha desde que se conheçam as correlações existentes entre os resultados que se obtêm nas condições práticas das determinações e os que se verificam nas condições normalizadas que servem de base à definição desse coeficiente de penetração.

Parece-nos inútil insistir na vantagem de se poder dispor duma classificação de rochas segundo os seus coeficientes de penetração, determinados com referência a condições normalizadas.

É óbvio o benefício de se poder prever a velocidade de penetração numa rocha com um dado equipamento, por comparação com as pràticamente conseguidas, com esse equipamento, noutras rochas de coeficientes de penetração conhecidos. Também o é o de poder prever

como variarão as velocidades de penetração com diversos equipamentos e diferentes condições de perfuração que eventualmente se possam vir a utilizar.

Para se conseguir este último objectivo bastará que se estabeleçam relações de proporcionalidade, não só entre os vários equipamentos, como entre as diversas condições de perfuração, no que respeita às velocidades de penetração que se verificam, em identidade das restantes condições de trabalho.

Pelo método de Fraenkel podemos, pois, determinar coeficientes de penetração no caso das rochas susceptíveis de perfuração por percussão. Contudo, para que fiquemos com uma noção exacta das perfurabilidades de tais rochas será necessário conhecer, ainda, os respectivos coeficientes de desgaste, uma vez que as despesas que resultam, para a perfuração, do consumo de barrenas podem ser muito importantes.

A determinação destes últimos coeficientes, a partir da análise do desgaste das barrenas utilizadas, correntemente, na perfuração, é difícil e demorada. Além disso, para que, por esse processo, se obtivessem resultados comparáveis, seria necessário, ainda, o estabelecimento de correlações entre os resultados conseguidos com as barrenas em utilização e os conseguidos com um tipo que se considerasse como padrão.

5 — Determinação laboratorial da perfurabilidade, segundo o método de Sievers

Na realidade, o que nos interessa é utilizar um método de determinação de perfurabilidades de rochas que seja de alcance geral, isto é, que se aplique a todas as rochas e que não diga respeito, apenas, às susceptíveis de serem perfuradas por percussão. Em muitos casos, a perfuração por rotação pode ser mais vantajosa.

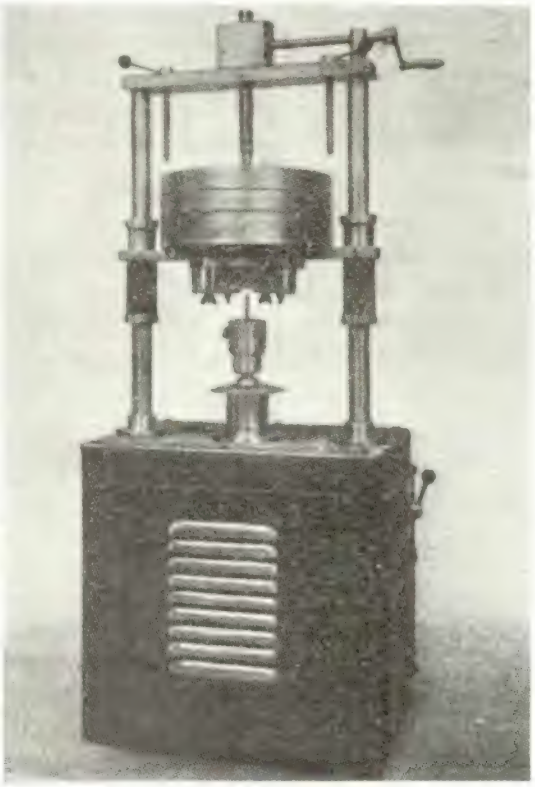
No caso das rochas perfuradas por rotação, vimos já que o desgaste dos cortantes tinha sensível influência nas velocidades de penetração, pelo que não é de admitir, como já frisámos várias vezes, uma noção de perfurabilidade baseada ùnicamente na determinação de velocidades de penetração, conseguidas com cortantes pràticamente sem desgaste.

Tem muito interesse, por isso, o método de Sievers, segundo o qual se determinam directamente, no laboratório, os coeficientes de penetração (J) e os coeficientes de desgaste (C), que definem as perfurabilidades das rochas.

Para a determinação do coeficiente de penetração, Sievers realiza, num provete, uma perfuração por rotação em miniatura. Para a determinação do coeficiente de desgaste, utiliza o mesmo provete como mó, para desgastar uma peça de ferro macio; obtém deste modo a velocidade do desgaste produzido, cujo inverso é uma medida da duração do cortante, ou seja, o coeficiente de desgaste pretendido.

O provete para ensaio é preparado começando por polir, sob água, com mó de carborundo, uma face duma amostra da rocha a ensaiar. Seguidamente, coloca-se a amostra sobre uma chapa de vidro, com a face polida em contacto com este, e rodeia-se com um molde cilíndrico, que se enche completamente com pasta de gesso, nivelando superiormente por meio de outra chapa de vidro, apoiada no molde. Depois da presa do gesso, o provete, com duas faces paralelas, está pronto para ensaio.

Para a realização dos ensaios de penetração, Sievers utiliza a máquina indicada na Fig. 4,



(segundo SIEVERS)

Fig. 4

fazendo a perfuração de baixo para cima, exactamente durante um minuto, rodando a broca a 160 r. p. m., sob uma carga axial de 20 kg, colocada sobre o provete. A broca utilizada, com 10 mm de diâmetro, é munida duma ponta com arestas de metal duro. Com este dispositivo, os detritos da perfuração caiem por gravidade, não influindo no avanço da broca.

Ao fim de 1 minuto a máquina é parada e o provete ligeiramente deslocado de modo a poder fazer-se outro furo, o que se pratica com a broca reaguçada.

Perfuram-se, segundo esta técnica, um mínimo de 5 furos (Fig. 5), cuja profundidade é, depois,

(segundo SIEVERS)

Fig. 5

medida com o deflectómetro indicado na Fig. 6, o que, conforme Sievers, permite uma precisão de 1 centésimo de milímetro.

O valor de *J*, que caracteriza a velocidade de penetração, é a média dos valores determinados para os vários furos, expressa em milímetros por 10 minutos.

Para o ensaio de desgaste utiliza-se a mesma máquina, mas substitui-se a broca por um dispositivo (Fig. 7) que tem fixados dois pernos de ferro macio, com dureza Brinnel 120 e carga de rotura de 38 a 42 kg . mm^{-2}, distantes 15 mm um do outro. Fixa-se o provete de tal maneira que os topos dos pernos trabalhem sobre a amostra, numa coroa sensìvelmente concêntrica com um dos furos anteriormente abertos, durante 2 minutos.

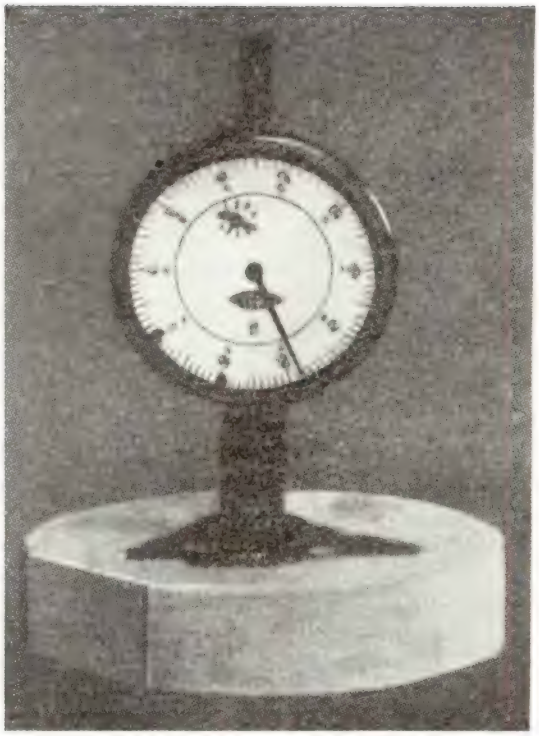
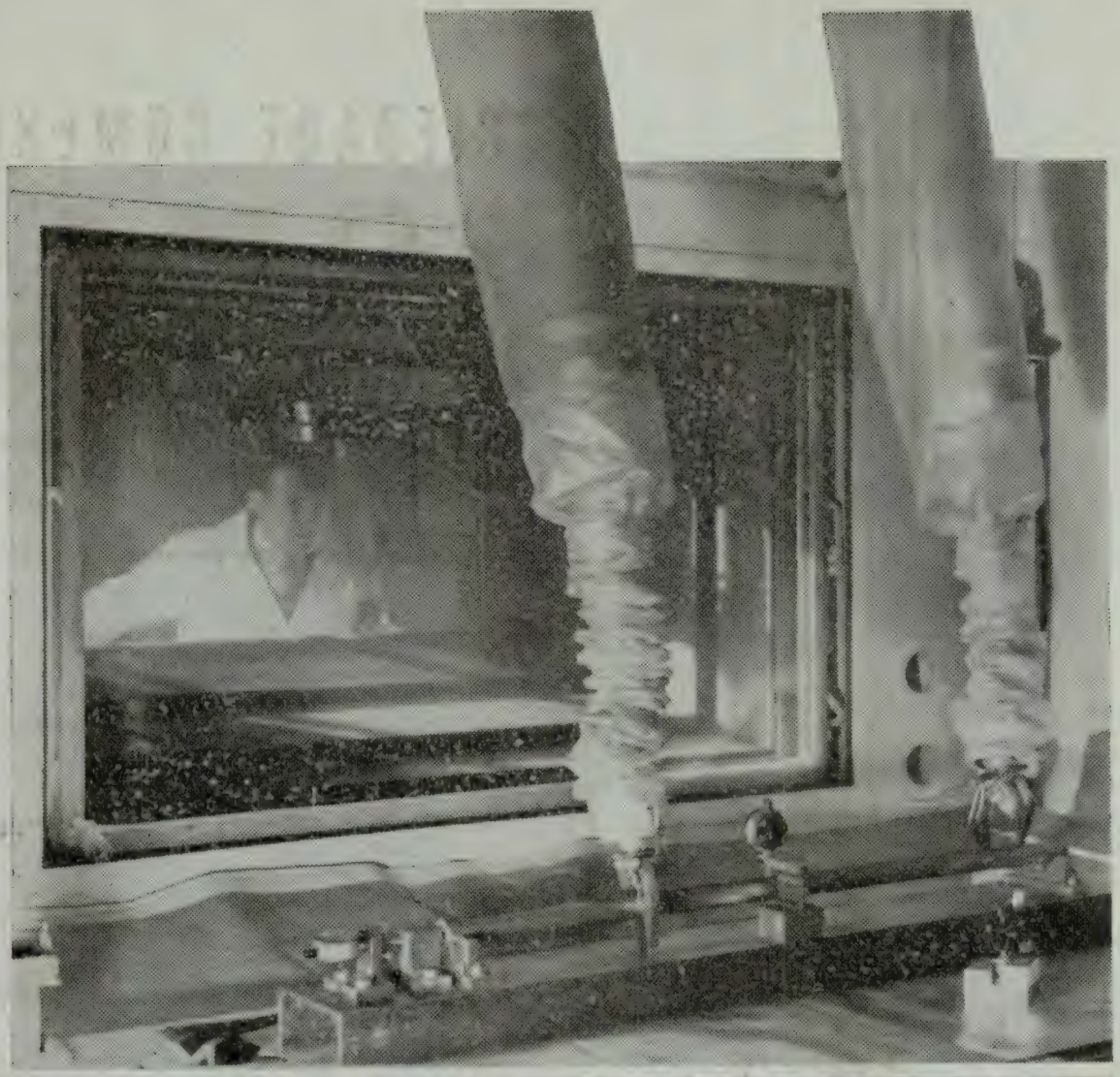


Fig. 6 (segundo SIEVERS)

Fig. 7 (segundo SIEVERS)

Segundo Sievers, são normalmente suficientes dois destes ensaios, por provete, pois os desvios que se verificam nos resultados são pequenos.



demasiadamente quente para usar as mãos!

...mas não para aquelas «mãos» quase humanas nos movimentos e sensibilidade. A SHELL, com a sua série de lubrificantes APL — a única no mercado resistente a radiações atómicas — veio resolver os problemas de lubrificação destes e doutros mecanismos indispensáveis à moderna ciência, marcando mais uma vez a sua posição na vanguarda do progresso.

SHELL

LUBRIFICANTES INDUSTRIAIS

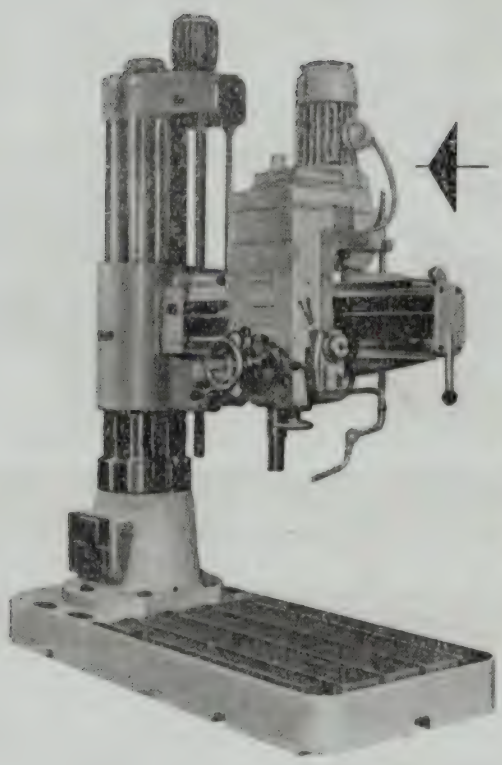
SHELL PORTUGUESA, S.A.R.L.

SOCIEDADE COMERCIAL ROMAR

EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS

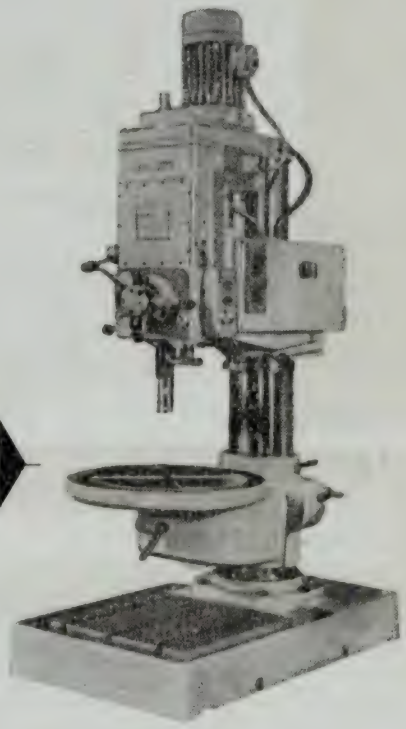
HAVAS-L

»TECHNOIMPEX«
BUDAPEST



Máquinas de furar radiais / Braços de 1250 e 1500 m/m Diversas capacidades de furação.

Máquinas de furar verticais / Diversas capacidades de furação.



MÁQUINAS — FERRAMENTAS
PARA ENTREGA IMEDIATA
NOS NOSSOS ARMAZÉNS

SOCIEDADE COMERCIAL ROMAR, LDA.

LISBOA-PORTO-LUANDA-L. MARQUES

O valor de *C*, que caracteriza a provável duração do cortante e, assim, a menor ou maior acção de desgaste da rocha, é a média dos inversos dos valores dos desgastes dos pernos, desgastes esses expressos em milímetros por 2 minutos, verificados nos ensaios que se fizeram.

Na Fig. 8 mostra-se um provete depois da realização de dois ensaios deste tipo.

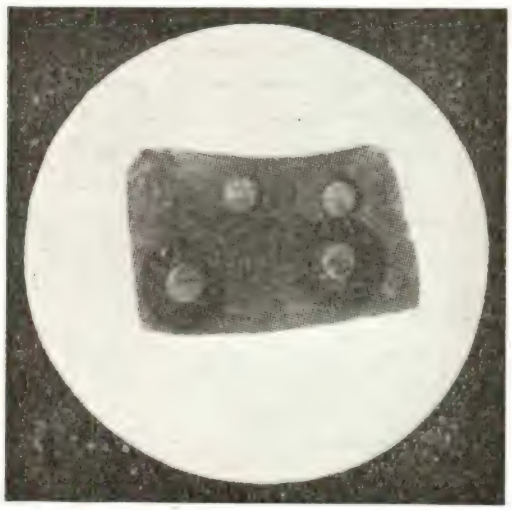


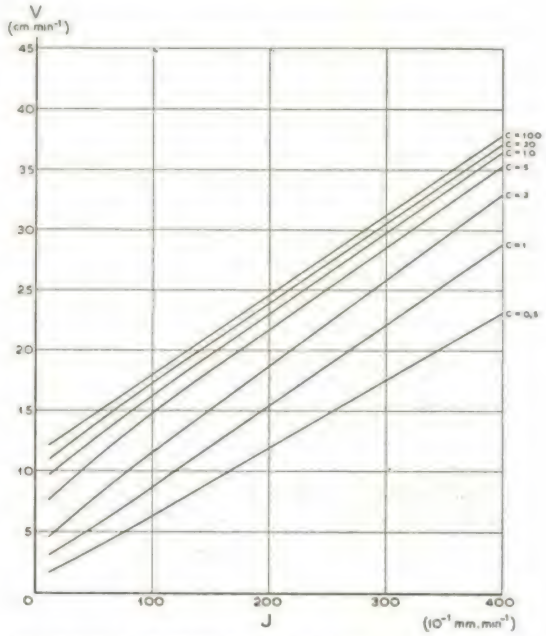
Fig. 8 (segundo SIEVERS)

Os valores de *J* variam entre 0 e cerca de 500' correspondendo os maiores às rochas mais brandas. Os de *C* variam entre 0 e cerca de 200, correspondendo os mais baixos às rochas mais abrasivas.

À primeira vista, o maior inconveniente que apresentam os dois coeficientes *J* e *C* para, por meio deles, se caracterizar a perfurabilidade de uma rocha, reside no facto de tais coeficientes serem determinados em condições muito diferentes das que se verificam nas perfurações correntes, principalmente nas perfurações por percussão.

Contudo, Sievers mostrou que era possível determinar, para os diversos equipamentos correntes de perfuração, relações simples, não só entre as velocidades de penetração, pràticamente obtidas, e os coeficientes *J* e *C*, determinados no laboratório, mas também entre os desgastes dos cortantes, pràticamente verificados, e os mesmos coeficientes.

Para exemplificação apresentamos, na Fig. 9, o nomograma, devido a Sievers, traduzindo as relações que se verificam entre a velocidade de penetração duma barrena com cortantes em estrela, de aço, com 40 mm de diâmetro, trabalhando com um martelo perfurador *Flottman AT18*, alimentado com ar comprimido a 5 kg . cm^{-2}, e os pares de coeficientes *J* e *C* que caracterizam as perfurabilidades das várias rochas.



VELOCIDADE DE PENETRAÇÃO V DUMA BARRENA COM CORTANTES DE AÇO, EM ESTRELA, DE 40 mm DE DIÂMETRO, TRABALHANDO COM MARTELO "FLOTTMAN AT 18", ALIMENTADO A 5 kg.cm^{-2}, EM FUNÇÃO DE J E C

(segundo SIEVERS)

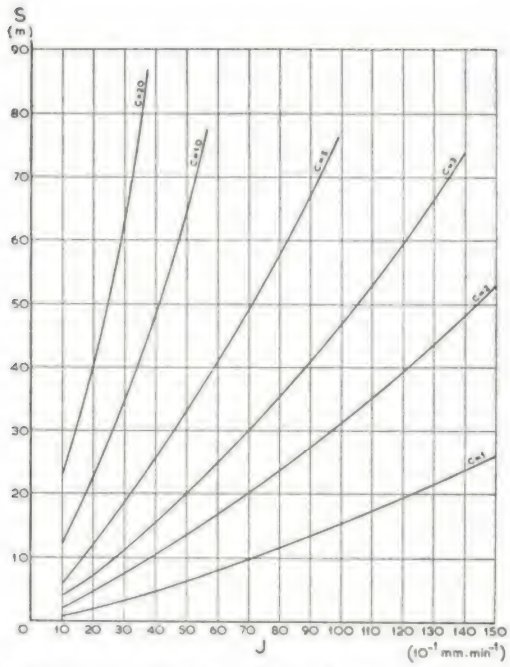
Fig. 9

Por outro lado, o nomograma da Fig. 10, devido ao mesmo autor, mostra as relações entre a máxima perfuração realizada, entre as afiações, por uma barrena com cortante em bisel, de metal duro, e os valores dos mesmos coeficientes *J* e *C*.

Assim, vê-se que os valores de *J* e *C*, determinados no laboratório, podem permitir prever os resultados industriais a obter numa rocha cuja perfurabilidade seja caracterizada por aqueles valores.

Por outro lado, a caracterização das perfurabilidades das rochas por meio dos coeficientes *J* e *C* permite fornecer indicações sobre as vantagens ou inconvenientes de utilizar qualquer das possíveis técnicas de perfuração: percussão ou rotação.

Aproveitando a caracterização, por meio dos coeficientes *J* e *C*, das perfurabilidades de diversas



PROFUNDIDADE S DE PERFURAÇÃO POR PERCUSSÃO, COM EMPREGO DE BARRENA COM CORTANTE EM BISEL, DE METAL DURO, EM FUNÇÃO DE J E C

(segundo SIEVERS)

Fig. 10

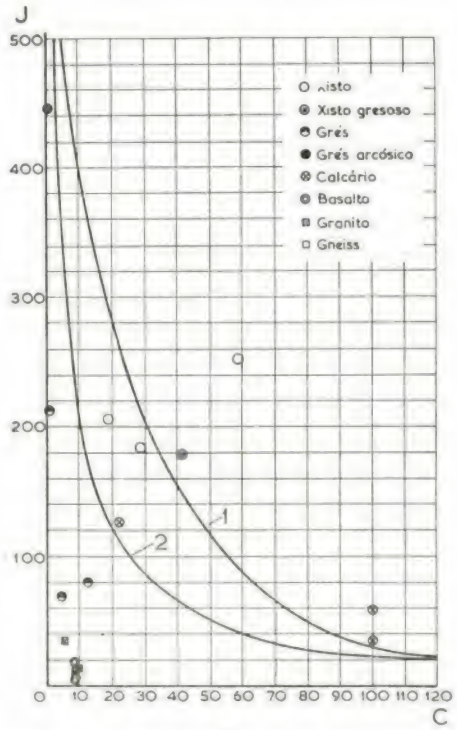
rochas, apresentada por Sievers, marcámos na Fig. 11, a partir dum sistema de eixos J e C, os pontos que representam tais perfurabilidades.

Para ajuizar qual será, em relação a cada rocha, o tipo de perfuração mais indicado, há que considerar que, nas perfurações industriais, as velocidades médias de penetração que se conseguem são sempre inferiores às previstas pelas determinações de J (determinações em que não intervém, pràticamente, o desgaste dos cortantes) e que as reduções das velocidades de penetração, devidas ao desgaste dos cortantes, são muito maiores nas perfurações por rotação que nas por percussão (conforme dissemos a propósito da Fig. 2), sendo tanto maiores quanto menor for o coeficiente de desgaste C correspondente.

A perfuração por rotação será preferível sempre que for possível atingir velocidades médias de penetração mais elevadas que as que se conseguem por percussão, evidentemente sem aumento de despesas devidas a desgaste de cortantes que suplantem as vantagens dessas maiores velocidades.

As condições ideais para a perfuração por rotação serão, pelo que dissemos, muito elevado valor de J e muito elevado valor de C. Para a percussão, as ideais serão muito baixo valor de J e muito baixo valor de C.

Na realidade, para as rochas abrasivas (com C pequeno) haverá grande abaixamento de velocidades de penetração com os desgastes dos cortantes, no caso da perfuração por rotação, só sendo as velocidades médias, que se conseguem por este meio, maiores que as que se verificam por percussão se a rocha é caracterizada por uma grande facilidade à penetração (J elevado). Em contrapartida, para rochas pouco abrasivas (C elevado) pode justificar-se a perfuração por rotação em casos mesmo de elevadas resistências à penetração (J baixo) pois as velocidades médias de penetração, nesses casos, serão próximas das velocidades máximas de penetração, por serem pequenas as influências dos desgastes dos cortantes.



LIMITAÇÃO APROXIMADA DOS CAMPOS DE APLICAÇÃO MAIS ACONSELHÁVEIS PARA AS PERFURAÇÕES POR ROTAÇÃO E POR PERCUSSÃO, CONFORME A PERFURABILIDADE DAS ROCHAS.

Fig. 11

Nos casos intermédios, a escolha do processo de perfuração mais indicado depende, assim, das

velocidades médias que se conseguem e dos respectivos desgastes dos cortantes.

Haverá, certamente, casos em que os dois métodos econòmicamente se equivalem. Lògicamente, as perfurabilidades das rochas correspondentes a tais casos devem ser definidas por pontos situados sobre uma linha, no plano (J, C), como a linha 1 que, para exemplo, traçámos na Fig. 11.

Se tal linha corresponder à equivalência económica dos dois processos, para as rochas cujas perfurabilidades forem representadas por pontos acima e à direita dela, será aconselhável a perfuração por rotação, para aquelas cuja perfurabilidade for representada por pontos à esquerda e abaixo, será preferível a percussão.

É evidente que a posição da linha de separação do campo para o qual é aconselhável a perfuração por rotação do campo para o qual a percussão é o meio mais conveniente depende das possibilidades relativas que, numa dada época, tenham os equipamentos de perfuração segundo os dois sistemas.

Recentemente, como é sabido, verifica-se tendência para aperfeiçoamento das técnicas de perfuração por rotação, com vista a estender as suas vantagens a rochas que, até há pouco tempo, só eram susceptíveis de serem perfuradas por percussão (*). A existência desta tendência significa que a linha de separação, no plano (J, C), dos campos da acção mais aconselháveis para os dois sistemas de perfuração tende a deslocar-se no sentido da linha 2, que também traçámos, para exemplificação, na Fig. 11.

6 — Aplicações dos dados sobre perfurabilidade de rochas. Vantagens de se proceder a determinações sistemáticas de perfurabilidades

Pelo que dissemos, se for conhecida, no plano (J, C), a linha de separação dos campos para os quais são mais aconselháveis, respectivamente, a perfuração por rotação e a perfuração por percussão, o conhecimento da perfurabilidade duma rocha, por meio dos valores dos coeficientes J e C, permite imediatamente determinar qual daqueles processos é, nìtidamente, o preferível para a rocha em questão, ou então se haverá interesse em discutir, mais pormenorizadamente, as vantagens e inconvenientes da aplicação dum ou doutro, em face dos mais modernos equipamentos de perfuração ao nosso dispor. Este último caso é, evidentemente, o da perfurabilidade da rocha se situar na vizinhança da linha de separação daqueles campos.

É de notar que devemos entender por J e C, não apenas os coeficientes determinados segundo o método de Sievers, mas qualquer par de coeficientes, um caracterizando a penetração e outro o desgaste dos cortantes, os quais definam a perfurabilidade e sejam determinados por qualquer processo de ensaio de características normalizadas.

Conforme já dissemos, poder-se-ão estabelecer correlações entre os resultados dos ensaios realizados por diferentes métodos, o que torna possível transformá-los, todos, em características correspondentes a um dado tipo de ensaio normalizado.

Desde que, num plano (J, C), se implantem os pontos representativos de perfurabilidades de rochas para as quais já foram devidamente reconhecidas as vantagens de utilização dum ou doutro processo de perfuração, não será difícil traçar, pelo menos aproximadamente, a linha de separação dos campos de aplicação mais aconselháveis para os dois processos.

Por outro lado, as determinações, em condições normalizadas, dos coeficientes J e C das rochas onde trabalham os diversos equipamentos industriais de perfuração, torna possível estabelecer correlações, dos tipos das apresentadas nas Figs. 9 e 10, que nos permitem prever quais serão os resultados desses diversos equipamentos, trabalhando em qualquer rocha de que conheçamos os coeficientes J e C que definem a sua perfurabilidade.

Será de interesse definir equipamentos industriais normalizados, trabalhando em condições também normalizadas, tanto para a perfuração por rotação como para a perfuração por percussão (como fez Fraenkel), o que reduzirá o número das correlações a estabelecer.

Desde que se conheçam as constantes de transformação dos resultados, conseguidos com as várias máquinas perfuradoras e com os vários tipos de cortantes, em resultados correspondentes à utilização dos equipamentos normalizados, e

(*) Têm grande influência nesta tendência os melhoramentos introduzidos nas chamadas *perfuradoras vibro-rotativas*.

desde que se conheça como variam as velocidades de penetração e os desgastes destes equipamentos em função das diversas variáveis que podem influir na perfuração (*), o conhecimento da perfurabilidade duma rocha, por meio dos seus coeficientes J e C, permitirá prever os resultados a alcançar, nessa rocha, com quaisquer daqueles equipamentos industriais e em quaisquer condições de perfuração.

Estar-se-á então habilitado a escolher o equipamento mais conveniente e a estabelecer, em bases seguras, um projecto de perfuração.

Infelizmente, pouco há ainda feito no que respeita a determinações de perfurabilidades, correlações de resultados laboratoriais ou semi-laboratoriais com resultados industriais, definição precisa de condições de ensaio, etc.

Por esta razão, o estudo dum problema novo de perfuração, ou de alteração das condições em que se está efectuando uma dada perfuração, tem a dificultá-lo a falta de termos para uma comparação correcta.

Cada rocha tem, pràticamente, a sua perfurabilidade, e cada equipamento de perfuração ajusta-se, de sua maneira, às várias perfurabilidades das rochas.

(*) Pelo estabelecimento de correlações como as traduzidas pela Fig. 3.

Sendo assim, informar um dado problema de perfuração com exemplos que, em geral, nada nos dizem quanto às condições específicas dos casos que tratam, é muitas vezes perigoso e pode levar a só se encontrar a solução mais correcta depois de variadas tentativas, todas elas dispendiosas.

Julgamos que o estudo sistemático da perfurabilidade das rochas e da aplicação dos mais aconselháveis equipamentos de perfuração é suficientemente importante para ser encarado.

Pensamos ter, no presente artigo, realçado suficientemente essa importância, posto as vantagens de estabelecer, correctamente, quais as perfurabilidades das rochas, e mostrado como essas perfurabilidades influiam nos resultados das operações de perfuração.

BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, I. Farinas de (1957-1958). Lições de Exploração de Minas (Cap. II). Ed. da Rev. «Engenharia». Porto.

FRAENKEL, K. H. (1952). Facteurs qui influent sur les résultats des travaux de mines. *In* Manuel de Creusement au Rocher, ed. por K. H. Fraenkel. Atlas Copco AB e Sandvikens Jernverks AB. Stockholm.

SIEVERS, H. (1952). Détermination de la caractéristique de forage des roches. *In* Manuel de Creusement au Rocher, ed. por K. H. Fraenkel. Atlas Copco AB e Sandvikens Jernverks AB. Stockholm.

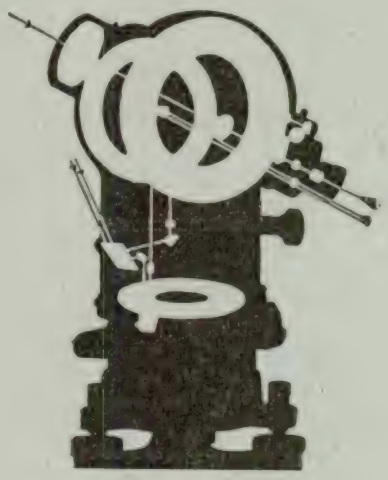
VIDAL, V. (1961). Exploitation des Mines, tomo I (Cap. III). Dunod. Paris.

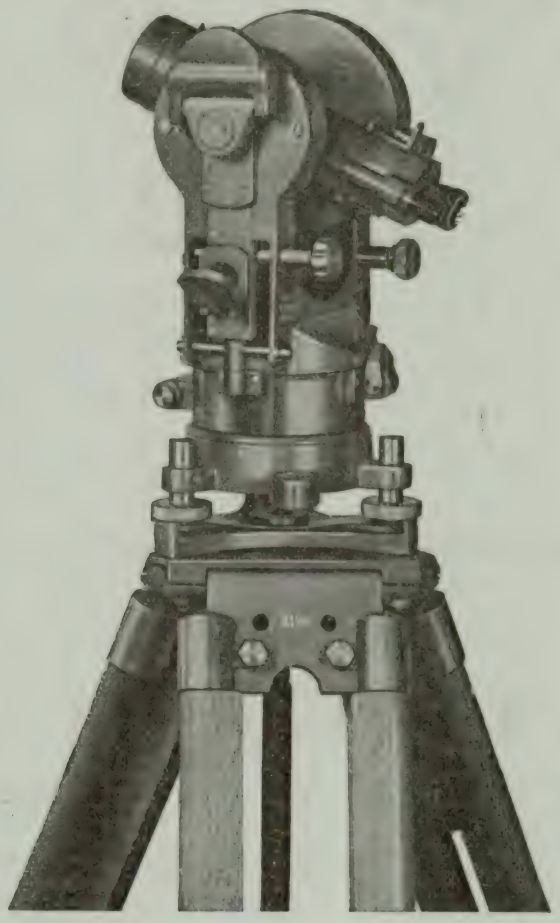
TAQUEÓMETRO AUTOREDUTOR RDS

PARA MIRA VERTICAL COM BASE EXTENSÍVEL

Especialmente apropriado para levantamentos de terrenos acidentados e com muitos detalhes

WILD
HEERBRUGG





PRECISÃO DE MEDIDA

das distâncias : 10 a 20 cm em 100 m
dos desníveis : 5 a 20 cm em 100 m

RETÍCULO COM 3 CURVAS :

Inferior — Círculo de Base
Média — Traço Altimétrico
Superior — Traço Estadimétrico

Imagem directa (não invertida) com campo de observação livre e sem obstáculos

Bengala de prumo adaptável ao tripé com escala para leitura da altura do tripé

Solicitem catálogo ou demonstração aos

REPRESENTANTES EXCLUSIVOS

WILD PORTUGAL, LDA.

PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8, S/L 6
LISBOA-2 — TELEF. 68 11 27

FLUIDO E MASTIC

IMPERMEABILIZAÇÕES

TORNA TUDO ESTANQUE

Impermeabilização e vedação perfeita de:

Terraços, Empenas, Algerozes, Clarabóias, Paredes húmidas, Coberturas, Fendas, Juntas de dilatação, etc., etc.

Fácil aplicação — Elasticidade excepcional
Não endurece nem apodrece

ROOFATEX **À base de borracha + alumínio**

Reforça a acção impermeabilizante do «Rubio», dando às construções um aspecto agradável — Protege todos os materiais contra a humidade, a ferrugem e a corrosão

RUBIO E ROOFATEX dois produtos que se completam

Representante Exclusivo: *Orlando Fernandes*

Rua Palmira, 46-A-B-C — LISBOA-1 — Telefs. 83 01 63 - 84 26 39 — End. teleg. « ORFER »

L. DARGENT, L.DA

CONSTRUTORES

Travessa do Conde da Ponte, 47-1.º

LISBOA

TELEFONE: 63 70 06 e 63 70 07

— Material ferroviário em construção ligeira soldada e inoxidável
— Vagões de caminhos de ferro
— Grandes reservatórios
— Gasómetros
— Guindastes portuários
— Grandes estruturas metálicas
— Hangares
— Comportas
— Pontes rodoviárias e ferroviárias
— Pontes móveis
— Transbordadores — Placas rotativas
— Pontes rolantes

C. D. U. 532.543.3 : 532.535

Problemas de "histeresis" hidráulica nos escoamentos permanentes em superfície livre

ENG.º FERNANDO ABECASIS
Laboratório Nacional de Engenharia Civil
Instituto Superior Técnico

ENG.º ANTÓNIO QUINTELA
Instituto Superior Técnico
Hidrotécnica Portuguesa

O teor do presente artigo foi objecto de uma comunicação ao Congresso da Association Internationale de Recherches Hydrauliques, que teve lugar em Dubrovnik, Jugoslávia, em Setembro último.

1—DESCRIÇÃO DO EVACUADOR DE CHEIAS

O evacuador de cheias da barragem do aproveitamento de Salto-Funil é constituído por duas soleiras descarregadoras de crista à cota (453,50), separadas por um pilar. A descarga dos caudais é regulada por comportas, sendo o nível a montante pràticamente constante e igual a (466,50).

Às soleiras segue-se uma galeria de inclinação 1 : 0,8, que estreita progressivamente para jusante até atingir a secção circular de 12,00 m de diâmetro. Esta galeria liga-se por meio de uma curva a uma galeria de inclinação 1 : 0,015, que, após uma transição, se apresenta com secção circular de 11,50 m de diâmetro.

Na forma inicialmente projectada e ensaiada, a galeria dava saída para um trampolim de secção trapezoidal, de largura crescente para jusante. A soleira da secção final do trampolim situava-se a uma cota superior ao nível da máxima cheia a jusante. O trampolim fazia o lançamento do jacto para o ar, distribuindo-o no rio numa largura apreciável e provocando a dissipação da energia cinética do escoamento.

O dimensionamento teórico da obra foi feito para o caudal máximo de $3000\,m^3\,s^{-1}$, que se escoaria em superfície livre, em regime rápido, em todo o desenvolvimento do evacuador de cheias.

À medida que se considerem caudais inferiores, diminuirá a energia específica com que o escoamento em regime rápido atingirá a secção final do trampolim de saída, em virtude do aumento das perdas de carga contínuas provocado pela redução do raio hidráulico.

Um certo caudal escoar-se-á em regime rápido em todo o evacuador, atingindo a secção final do trampolim em regima crítico. Caudais inferiores escoar-se-ão, na secção final do trampolim, em regime crítico, num certo troço para montante, em regime lento (no trampolim) ou em pressão (na galeria), separado do regime rápido vindo de montante, por um ressalto.

Verificou-se ainda, por via teórica, que o caudal de $500\,m^3\,s^{-1}$ poderia escoar-se em regime rápido em todo o evacuador, sem afogamento de galeria. Tal afogamento pareceria, portanto, só poder ocorrer para caudais inferiores a $500\,m^3\,s^{-1}$, esperando-se que não fossem de temer as flutuações de pressão provocadas pelo ressalto contra a abóbada da galeria.

O evacuador de cheias descrito foi estudado em modelo pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

2—«HISTERESIS» OBSERVADA NO MODELO

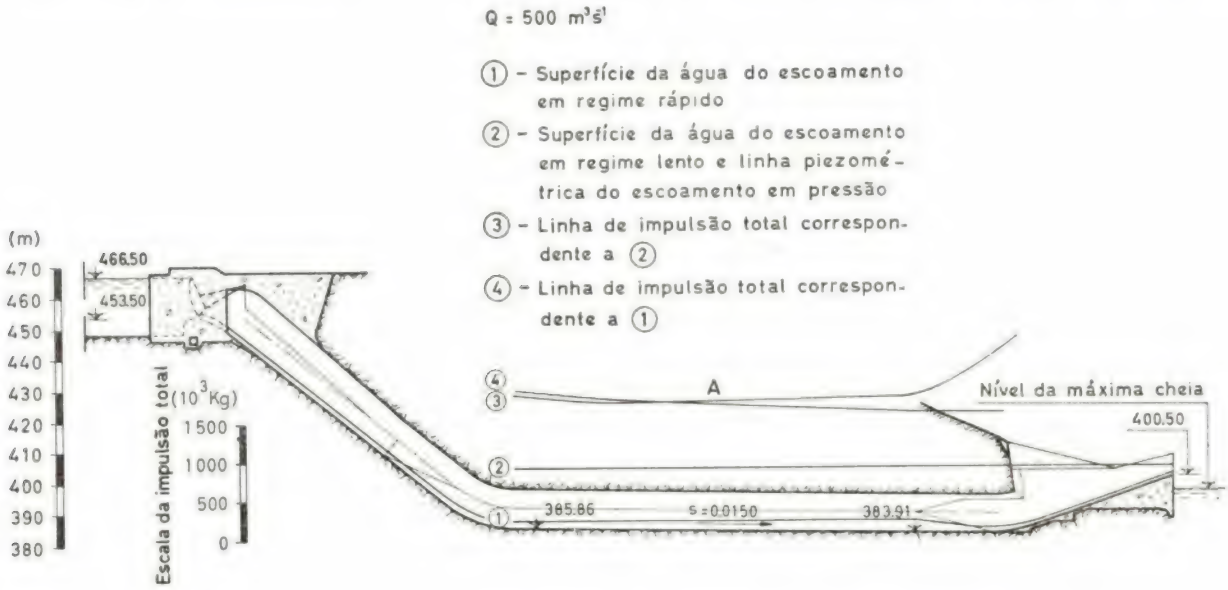
O ensaio em modelo do evacuador de cheias descrito mostrou que, partindo dum caudal com escoamento em regime rápido em todo o evacuador, ao actuar-se com caudais decrescentes, o ressalto só tinha lugar no interior da galeria para caudais inferiores a $500\,m^3\,s^{-1}$, como o estudo teórico o fazia esperar; se se voltasse a

operar agora com caudais crescentes, o ressalto mantinha-se para caudais superiores a 500 $m^3 s^{-1}$, deslocando-se para jusante e deixando de se verificar para caudais da ordem de 900 $m^3 s^{-1}$.

Procura-se no número seguinte a justificação teórica para este fenómeno de «histeresis», que consiste assim em que caudais compreendidos entre 900 $m^3 s^{-1}$ e um valor inferior a 500 $m^3 s^{-1}$, para as mesmas condições a montante e jusante, podem escoar-se com dois tipos de escoamento, um com ressalto, outro sem ressalto, conforme o evacuador de cheias funcione com caudais crescentes ou decrescentes.

riores a Q_0 — que já poderiam escoar-se em regime rápido em todo o evacuador — enquanto o ressalto puder localizar-se no interior da galeria. O estudo da possibilidade de localização do ressalto nas circunstâncias apontadas — e, portanto, a averiguação da possibilidade de ocorrência de «histeresis» — pode ser feito por via teórica.

Para o caudal de 500 $m^3 s^{-1}$ a escoar-se em regime crítico na secção final do trampolim, fez-se a determinação das alturas de água em regime lento no trampolim e das cotas piezométricas do escoamento em pressão na galeria. A localização do ressalto teria lugar na secção em que fossem



EVACUADOR DE CHEIAS DO APROVEITAMENTO DE SALTO FUNIL

CORTE LONGITUDINAL

3 — INTERPRETAÇÃO TEÓRICA

Como já se referiu, existe um valor do caudal Q_0 para o qual o escoamento tem lugar em regime rápido em todo o evacuador de cheias, passando em regime crítico na secção final do trampolim.

Caudais inferiores àquele escoam-se em regime crítico na secção final do trampolim, verificando-se para montante o regime lento no trampolim e o regime em pressão na galeria, separado por ressalto do regime rápido vindo de montante.

Uma vez afogada a galeria, o regime crítico na secção final do trampolim e o regime em pressão na galeria mantêm-se para caudais supe-

iguais as quantidades de movimento totais ou impulsões totais correspondentes ao escoamento rápido de montante e ao escoamento em pressão de jusante.

Traçaram-se assim as linhas de impulsão total marcando a partir das soleiras das secções consideradas os valores

$\rho QV + \gamma S h$, para o regime rápido,

$\rho QV + \gamma S H_0$, para o escoamento em pressão,

em que ρ é massa específica, Q caudal, V velocidade, γ peso específico, S secção líquida (secção da galeria no caso de escoamento em pressão),

h altura da superfície livre sobre o centro de gravidade da secção líquida, H_0 carga piezométrica sobre o centro de gravidade da secção da galeria.

A localização do ressalto corresponde ao cruzamento das duas linhas de impulsão total e verifica-se, para o caudal de 500 $m^3 s^{-1}$, a montante do meio da galeria (ponto A da figura).

O ressalto localiza-se junto do extremo da galeria para o caudal de 750 $m^3 s^{-1}$ e já não tem lugar para o caudal de 1000 $m^3 s^{-1}$.

4 — GENERALIZAÇÃO

Ao estudar-se as condições de escoamento de um caudal Q, vindo de montante em regime rápido, num canal em que exista um obstáculo ou singularidade que produza uma elevação da linha de energias críticas, não basta, para assegurar o escoamento em regime rápido nesse canal, verificar que a energia correspondente ao regime rápido é suficiente para a realização do escoamento sobre o obstáculo. Pode dar-se o caso de o mesmo caudal Q, não obstante a verificação daquela circunstância, também se escoar em regime crítico sobre o obstáculo, precedido de regime lento que um ressalto separaria do regime rápido de montante.

Este tipo de escoamento, que nas condições apontadas se estabelecerá forçosamente para valores suficientemente baixos do caudal, manter-se-ia para caudais crescentes enquanto o ressalto tiver localização a montante da singularidade.

Então para a gama de caudais compreendidos entre dois caudais Q_0 e Q_1, serão possíveis dois tipos de escoamento: um em regime rápido, outro com ressalto, seguido de regime lento e passagem em crítico sobre o obstáculo. A verificação de um ou outro tipo dependerá sòmente das condições pré-existentes, isto é, de se operar com caudais decrescentes ou crescentes.

O limite inferior Q_0 será o caudal para o qual o escoamento se verificará em regime rápido no canal e em crítico sobre o obstáculo (para caudais inferiores haverá escoamento crítico sobre o obstáculo, lento a montante deste com ressalto de transição para o regime rápido).

O limite superior Q_1 será o caudal para o qual deixará de haver possibilidade de cruzamento das linhas de impulsão total traçadas a partir do regime de montante e do regime crítico na singularidade.

PROBLEMAS DE «HISTERESIS» HIDRÁULICA NOS ESCOAMENTOS PERMANENTES EM SUPERFÍCIE LIVRE

SUMÁRIO

Relata-se um caso de «histeresis» hidráulica verificado no estudo do evacuador de cheias, em galeria, do aproveitamento de Salto-Funil, no rio Paraíba, no Brasil Esta «histeresis» consiste em que, para o mesmo caudal e para as mesmas condições a montante e a jusante, podem encontrar-se dois tipos de escoamentos, um com ressalto, outro sem ressalto, conforme o evacuador de cheias funcione com caudais crescentes ou decrescentes.

Procura-se interpretar teòricamente o fenómeno, generalizando-o.

PROBLEMS OF HYDRAULIC «HYSTERESIS» IN STEADY FREE SURFACE FLOW

SUMMARY

The present case of hydraulic «hysteresis» has been found in the course of the study of the gallery spillway of the Salto-Funil scheme, on Paraíba river (Brazil). Because of this phenomenon it is possible, for the same rate of flow and for the same

conditions upstream and downstream, to have two different types of flow, one with hydraulic jump and the other without it, according to whether the spillway is operated by increasing or decreasing flows.

The theorization and the generalization of the phenomenon is attempted.

PROBLÈMES DE «HYSTÉRESIS» HYDRAULIQE DANS LES ÉCOULEMENTS PERMANENTS EN SURFACE LIBRE

SOMMAIRE

Ou présente un cas de «hystéresis» hydraulique rencontrée lors de l'étude de l'évacuateur de crues, en galerie, de l'aménagement de Salto-Funil, sur le fleuve Paraíba au Brésil. Cette «hystéresis» consiste dans le fait que, pour un même débit et pour les mêmes conditions à l'amont et à l'aval, il est possible trouver deux types d'écoulement, l'un avec ressaut, l' autre sans ressaut, selon on opère à débits croissants ou décroissants.

On essaie de théoriser le phénomène en le généralisant.

Bolsas de Estudos Científicos da OTAN

Encontra-se em execução novo programa de Bolsas de Estudos Científicos da Organização do Tratado do Atlântico-Norte, destinado exclusivamente a diplomados universitários.

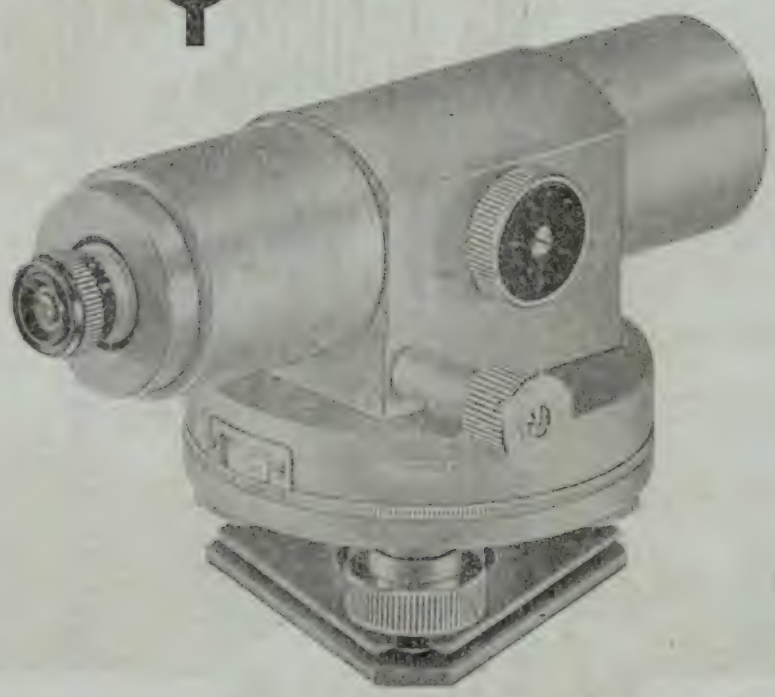
São admitidos pedidos de Bolsas nos seguintes ramos da ciência e da tecnologia: matemática, física, química, biologia, engenharia e medicina não-clínica.

Poderão, ainda, ser consideradas aplicações destas ciências e técnicas, nomeadamente às ciências sociais.

Os pedidos de Bolsas, a formular em impresso próprio, deverão ser apresentados ou enviados, até 15 de Janeiro de 1962, ao secretário da Comissão Coordenadora da Investigação para a OTAN — Presidência do Conselho, Palácio de S. Bento, Lisboa—2—, a quem poderão ser solicitados os referidos impressos e todos os esclarecimentos necessários.

NÍVEL AUTOMÁTICO

Otto-Fennel



Moderno aparelho equipado com um sistema prismático pendular, colocando automàticamente a linha de mira na sua posição horizontal.

A simplicidade e robustez do processo utilizado e o seu grande rendimento de trabalho, tornam este aparelho excepcionalmente dotado para todos os nivelamentos técnicos

CARACTERÍSTICAS

Luneta — Nivelamento com focagem interna, óptica tratada, imagem direita. Comprimento 200 mm. Ampliação 20 x. abertura da objectiva 25 mm. Distância mínima de mira 2,5 m. Constante de adição zero. Constante de multiplicação 100.

Circulo horizontal — Diámetro 100 mm. Graduação 1° 1 g.
Leitura directa 1° 1 g. Leitura por avaliação 6′ 10ᶜ.

Sensibilidade do nível esférico: 8′.
Tripé extensível, caixa metálica com pequenos acessórios.
Pesos: aparelho 2 kg; caixa 2,400 kg; tripé 5,200 kg.

REPRESENTANTES

PAPELARIA FERNANDES — S. A. R. L.

L. DO RATO, 13 — TEL. 68 21 31 / 39 — R. DO OURO, 145 — TEL. 2 83 61 / 2 60 66

LISBOA

máquin_ léctricas

TRANSFORMADORES

LICENÇA SIEMENS SCHUCKERT
ATE 1600 kVA 35 kV

MOTORES TRIFÁSICOS ASSINCRONOS

ATE 120 Cv

EMPRESA NACIONAL DE APARELHAGEM ELÉCTRICA, S. A. R. L. AV. 24 DE JULHO, 158 — LISBOA

DISTRIBUIDORES EXCLUSIVOS MOTRA EQUIPAMENTOS ELÉCTRICOS, S. A. R. L.
AV. INFANTE SANTO, 56 D-1.º LISBOA — TEL. 66 10 69 — 66 10 36

C. D. U. 621.8.024.7

Estudo dinâmico do mecanismo de accionamento por prato oscilante

PELO Eng.º Mec. I. S. T. JORGE NEVES DA SILVA
Assistente do I. S. T.

0. INTRODUÇÃO

O mecanismo de accionamento por prato oscilante é uma solução do problema da transformação do movimento de rotação em movimento rectilíneo, ou vice-versa. É já usado em pequenos compressores para aparelhos de refrigeração, embora o seu campo de aplicação possa ser mais vasto.

Independentemente de quaisquer considerações sobre as vantagens e inconvenientes deste mecanismo em relação a quaisquer outros com a mesma finalidade, pretende-se sòmente realizar o seu estudo dinâmico.

O estudo de outros mecanismos que transformam o movimento de rotação em movimento alternativo será futuramente apresentado pelos alunos da Cadeira de Máquinas Alternativas do I. S. T.

1. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Pretende-se provocar o accionamento de êmbolos segundo uma trajectória rectilínea por intermédio de um prato circular sujeito a um movimento oscilante.

É possível apresentar várias soluções mecânicas para o problema; no entanto podemos reduzi-las a dois processos distintos:

1.ª — Com modelo físico simples mas de construção complicada;

2.ª — Com modelo físico complicado mas de construção simples.

1.1 — PRIMEIRA SOLUÇÃO — Precessão com rotação do prato (fig. 1)

Um prato P roda em torno de um eixo (oz) de tal modo que o vector $\vec{u}$, normal ao plano do prato, descreve uma superfície cónica com vértice em o.

Sobre a superfície do prato apoiam-se, por ligação bi-lateral — por meio de roletes, esferas ou por simples contacto — as hastes dos êmbolos convenientemente guiadas para evitar deslocamentos transversais (1).

É o movimento de rotação do prato em torno de um eixo oblíquo ao seu plano que provoca o accionamento das hastes, transformando assim o movimento de rotação do veio em alternativo dos êmbolos.

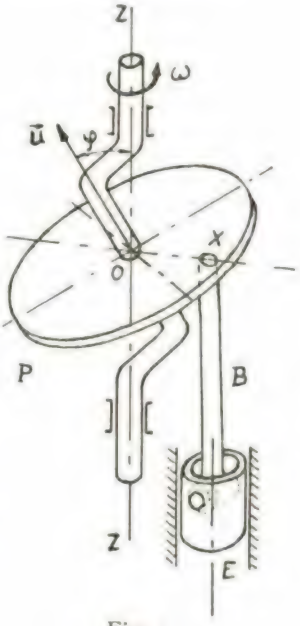


Fig. 1

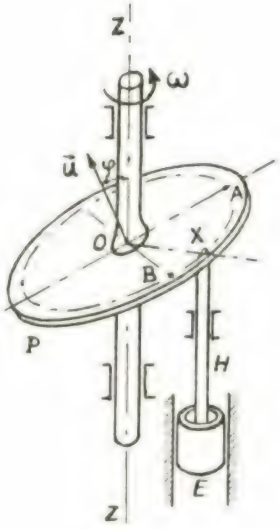


Fig. 2

(1) — A ligação bi-lateral poderá ser garantida, por exemplo, por meio de molas que solicitam as hastes contra o prato.

1.2—SEGUNDA SOLUÇÃO — Precessão sem rotação do prato (fig. 2).

O prato tem pelo menos um ponto afastado do eixo constantemente no plano defenido pelos eixos da cambota (oz) e do êmbolo. Pràticamente isto realiza-se permitindo o movimento doido da cambota, obliquada com um ângulo φ, na chumaceira central do prato cujo furo é normal ao seu plano.

As articulações biela-prato são do tipo de rótula. Nos mecanismos com um êmbolo, ou dois êmbolos no mesmo plano do eixo da cambota, as articulações biela-êmbolo podem ser do tipo cavilhão; veremos que, além destes, todos os outros êmbolos só poderão ter as articulações do tipo de rótula.

É o movimento de rotação da cambota que, provocando a oscilação sem rotação do prato, vai originar o movimento alternativo dos êmbolos.

2. ESTUDO DO MODELO MECÂNICO COM ROTAÇÃO DO PRATO

2.1 — MODELO FÍSICO (fig. 3)

O modelo físico é uma abstração da realidade mecânica, pelo que é suposto sem folgas, sem atritos e com todos os componentes sólidos indeformáveis.

Neste caso concreto é possível cumprir muito aproximadamente tal modelo físico, pelo que não serão necessários estudos posteriores para adaptação dos resultados à realidade mecânica.

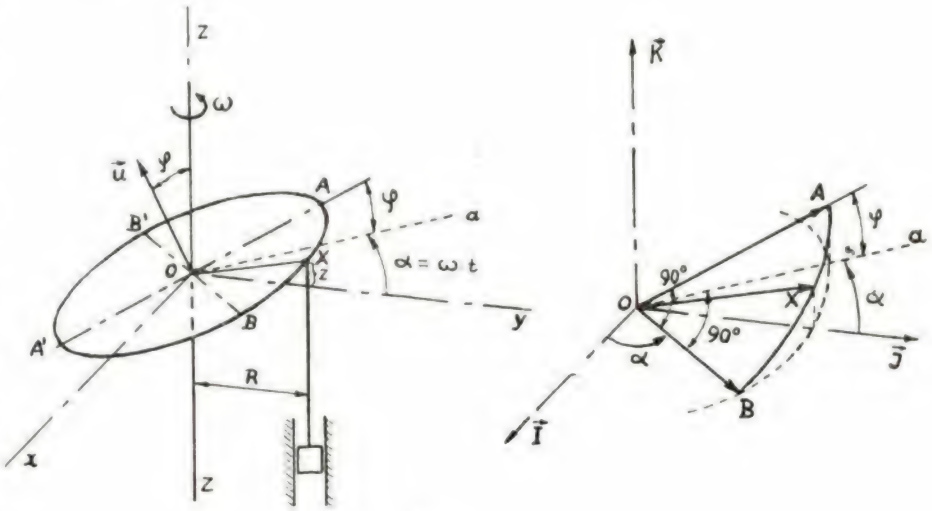


Fig. 3

2.2 — MODELO MATEMÁTICO

Interessa-nos determinar a função $z(\alpha)$, relação entre a posição axial do êmbolo (definida por z) e a posição angular da cambota (α), em relação ao referencial indicado na fig. 3, e fazendo intervir um parâmetro (φ) que define a inclinação do disco em relação ao eixo (oz).

Pelas condições do problema, o ponto X de contacto entre a extremidade da haste e o prato, situa-se sempre à mesma distância R do eixo (oz) e tem duas posições extremas A e A', respectivamente, mais elevada — P. M. S. — e mais baixa — P. M. I. As posições B e B' definem uma recta normal a AA' e situam-se no plano (xoy). Os vectores $\overrightarrow{OA}$, $\overrightarrow{OX}$ e $\overrightarrow{OB}$ definem, naturalmente, o plano do disco.

Temos então

$$\begin{cases} \overrightarrow{OA} = -R \operatorname{sen} \alpha \, \vec{I} + R \cos \alpha \, \vec{J} + R \operatorname{tg} \varphi \, \vec{K} \\ \overrightarrow{OX} = R \, \vec{J} + z \, \vec{K} \\ \overrightarrow{OB} = R \cos \alpha \, \vec{I} + R \operatorname{sen} \alpha \, \vec{J} \end{cases} \tag{1}$$

e

$$\overrightarrow{OA} \wedge \overrightarrow{OX} / \overrightarrow{OB} = 0 \tag{2}$$

ou

$$\begin{vmatrix} -R \operatorname{sen} \alpha & R \cos \alpha & R \operatorname{tg} \varphi \\ 0 & R & z \\ R \cos \alpha & R \operatorname{sen} \alpha & 0 \end{vmatrix} = 0 \qquad (2')$$

e portanto $\quad R^2 \cos^2 \alpha \,.\, z - R^3 \operatorname{tg} \varphi \cos \alpha + R^2 \operatorname{sen}^2 \alpha \,.\, z = 0$

donde resulta $\quad z = R \operatorname{tg} \varphi \cos \alpha \qquad (3)$

2.3 – ANÁLISE DO MOVIMENTO

2.3.1 — *Deslocamento do êmbolo em função do tempo*

Supondo uma velocidade angular ω constante, o que é pràticamente possível de obter, temos $\alpha = \omega t$ e, substituindo em (3)

$$\vec{z} = R \operatorname{tg} \varphi \cos (\omega t) \,.\, \vec{K} \qquad (4)$$

A amplitude do movimento do êmbolo é igual a $2 R \operatorname{tg} \varphi$. Por exemplo, um ângulo $\varphi = 21{,}8°$ com um afastamento $R = 100$ mm origina um curso do êmbolo de 80 mm; são valores práticos usuais.

2.3.2 — *Velocidade*

$$\vec{v} = \frac{d\vec{z}}{dt} = - R \omega \operatorname{tg} \varphi \operatorname{sen} (\omega t) \,.\, \vec{K} \qquad (5)$$

ou

$$\vec{v} = - R \omega \operatorname{tg} \varphi . \sqrt{1 - \frac{z^2}{R^2 \operatorname{tg}^2 \varphi}} \,.\, \vec{K} \qquad (6)$$

em função do deslocamento.

2.3.3 — *Aceleração*

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{z}}{dt^2} = - R \omega^2 \operatorname{tg} \varphi \cos (\omega t) \,.\, \vec{K} \qquad (7)$$

ou

$$\vec{a} = - \omega^2 z . \vec{K}$$

em função do deslocamento.

2.3.4 — *Representação gráfica das funções z (t), v (t), a (t), v (z) e a (z)*

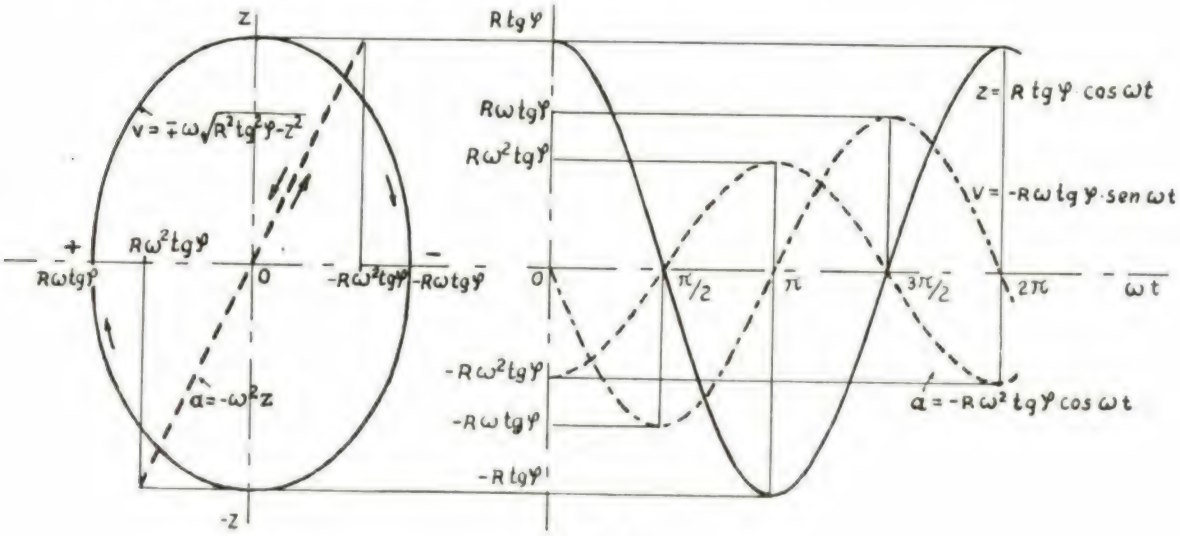


Fig. 4

2.4 — EQUILÍBRIO DOS MECANISMOS

Uma vez que a transmissão de esforços ao exterior do sistema obriga a prever fundações ou suspensões para os absorver, com os inconvenientes que as caracterizam, propomo-nos analisar quais as forças de inércia e respectivos momentos em desiquilíbrio num sistema de um só êmbolo, para, por síntese, determinar o número e disposição dos êmbolos mais adequados.

2.4.1 — *Mecanismo com um só êmbolo*

2.4.1.1 — *Forças de inércia das massas em movimento alternativo*

O sistema haste-êmbolo é redutível a uma massa pontual dinamicamente equivalente, situada na sua trajectória. Designando-a por m temos

$$\vec{F}_i = m\,\vec{a} \tag{9}$$

sendo $\vec{F}_i$ a força de inércia actuante sobre aquela massa.

Substituindo o valor de $\vec{a}$ (7), vem

$$\vec{F}_i = -m\omega^2 R \operatorname{tg}\varphi \cos(\omega t)\,.\,\vec{K} \tag{10}$$

A representação gráfica da função $F_i(t)$ é idêntica à da curva $a(t)$ representada na fig. 4.

2.4.1.2 — *Binário resultante das forças centrífugas das massas em movimento de rotação*

Dada a configuração do sistema prato-cambota, é necessário verificar se está dinamicamente equilibrado. Ora este sistema é redutível a três massas pontuais dinamicamente equivalentes, colocadas em 0, em A e em A′ por exemplo (fig. 5). As massas situadas em A e A′ serão propositadamente iguais, pelo que a força centrífuga resultante é nula:

$$\vec{F}_c + \vec{F}_{c'} = m_A\omega^2 R\,(-\operatorname{sen}\alpha\,\vec{I} + \cos\alpha\,\vec{J}) + m_{A'}\omega^2\,(\operatorname{sen}\alpha\,\vec{I} - \cos\alpha\,\vec{J}) = 0 \tag{11}$$

visto ser $m_A = m_{A'}$.

A configuração geométrica do sistema obriga a que A e A′ descrevam trajectórias em planos diferentes, pelo que haverá um binário resultante não nulo:

$$\begin{aligned}
\vec{M}_R &= \vec{M}_c + \vec{M}_{c'} = \\
&= \vec{F}_c \wedge (A - 0) + \vec{F}_{c'} \wedge (A' - 0) = \\
&= m_A\omega^2 R\,(-\operatorname{sen}\alpha\,.\,\vec{I} + \cos\alpha\,.\,\vec{J}) \wedge (-R\operatorname{sen}\alpha\,.\,\vec{I} + R\cos\alpha\,.\,\vec{J} + R\operatorname{tg}\varphi\,.\,\vec{K}) + \\
&+ m_A\omega^2 R\,(\operatorname{sen}\alpha\,.\,\vec{I} - \cos\alpha\,.\,\vec{J}) \wedge (R\operatorname{sen}\alpha\,.\,\vec{I} - R\cos\alpha\,.\,\vec{J} - R\operatorname{tg}\varphi\,.\,\vec{K}) = \\
&= 2\,m_A\omega^2 R^2 \operatorname{tg}\varphi \left[\cos(\omega t)\,.\,\vec{I} + \operatorname{sen}(\omega t)\,.\,\vec{J}\right]
\end{aligned} \tag{12}$$

Trata-se, como era de prever, de um vector girante com um desfasamento em atraso de $\pi/2$ em relação a $\vec{F}_c$. A sua anulação implica a existência de duas massas iguais que provoquem um binário com a direcção e intensidade de $\vec{M}_R$ e sentido contrário. A contingência mecânica obrigará a adoptar soluções diversas e mais ou menos aceitáveis:

1.ª solução (fig. 6) — é possível colocar massas excêntricas m_1 e m_2 originando momentos iguais em relação a O, mas localizadas bastante longe desse ponto para evitar interferência com os vários mecanismos (cilindros, hastes, etc.).

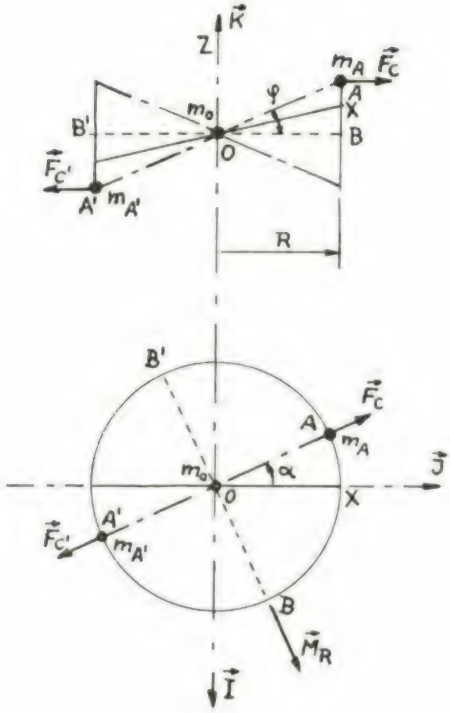


Fig. 5

2.ª *solução* (fig. 7) — as duas massas excêntricas só se poderão localizar para um dos lados do ponto *0*. O sistema fica dinamicamente equilibrado, mas o veio fica bastante «castigado» e mais sujeito a frequências críticas.

3.ª *solução* (fig. 8) — as duas massas situam-se próximo do disco e com pouca excentricidade para evitar a interferência com os outros órgãos. Deverão ser contudo de grandes dimensões.

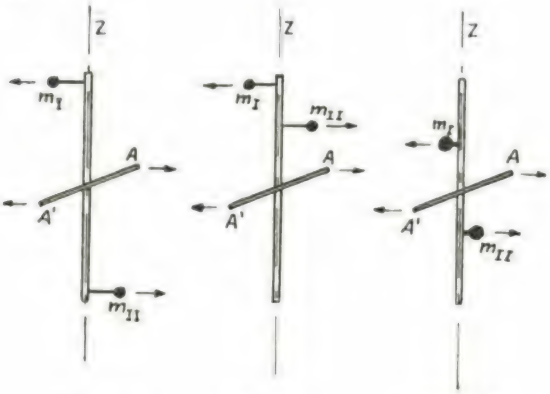


Fig. 6 Fig. 7 Fig. 8

2.4.2 — *Mecanismo com dois êmbolos*

2.4.2.1 — *Forças de inércia*

A força resultante das forças de inércia devidas aos êmbolos I e II, com massas reduzidas m_I e m_{II} respectivamente, situados no mesmo plano do eixo da cambota (fig. 9), será dada por

$$\begin{aligned}\vec{F}_R &= \vec{F}_I + \vec{F}_{II} = \\ &= -m_I\omega^2 R \operatorname{tg}\varphi \cos(\omega t) \,.\, \vec{K} - m_{II}\omega^2 R \operatorname{tg}\varphi \cos(\omega t + \pi) \,.\, \vec{K} = \\ &= 0 \qquad (\text{se } m_I = m_{II} = m)\end{aligned} \tag{13}$$

2.4.2.2 — *Binário resultante das forças de inércia*

$$\begin{aligned}\vec{M} &= \vec{M}_I + \vec{M}_{II} = \\ &= \vec{F}_I \wedge (X - 0) + \vec{F}_{II} \wedge (X' - 0)\end{aligned}$$

e como $\vec{F}_I = -\vec{F}_{II}$ (de (13))

$$\begin{aligned}\vec{M} &= \vec{F}_I \wedge \left[(X - O) - (X' - O) \right] = \\ &= \vec{F}_I \wedge (X - X') = \\ &= -m\omega^2 R \operatorname{tg}\varphi \cos(\omega t) \,.\, \vec{K} \wedge \left[(R \,.\, \vec{J} + z \,.\, \vec{K}) - (-R \,.\, \vec{J} - z \,.\, \vec{K}) \right] = \\ &= 2\, m\, \omega^2 R^2 \operatorname{tg}\varphi \cos(\omega t) \,.\, \vec{I}\end{aligned} \tag{14}$$

O binário resultante é um vector de direcção constante mas de intensidade com variação sinusoidal. O sistema fica pois desiquilibrado.

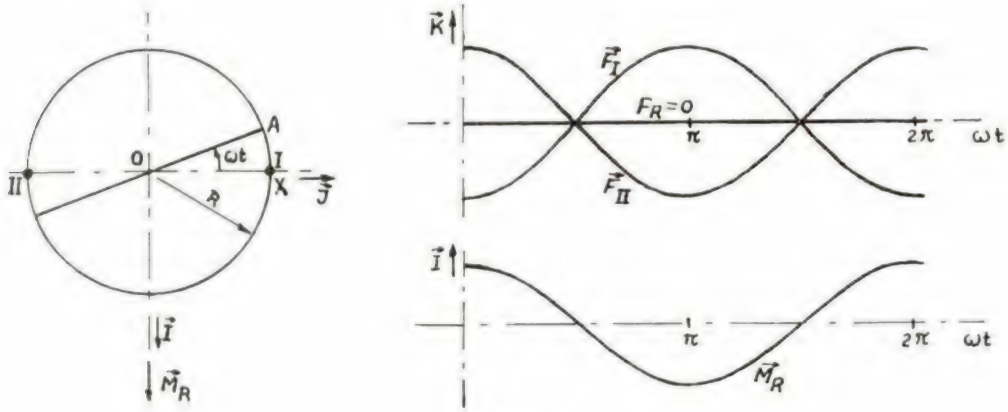


Fig. 9

A resolução do problema da equilibragem deste binário deverá ser feita antes do estudo do equilíbrio das forças centrífugas, uma vez que é possível conjugar de certo modo estas acções reduzindo a sua resultante a um mínimo. Assim, adicionando (12) com (14), temos

$$\vec{M}_R + \vec{M} = 2\, m_A\, \omega^2 R^2 \operatorname{tg} \varphi \left[\cos(\omega t) \,.\, \vec{I} + \operatorname{sen}(\omega t) \,.\, \vec{J} \right] + 2\, m\, \omega^2 R^2 \operatorname{tg} \varphi \cos(\omega t) \,.\, \vec{I} =$$

$$= 2\, \omega^2 R^2 \operatorname{tg} \varphi \left[(m_a + m) \cos(\omega t) \,.\, \vec{I} + m_A \operatorname{sen}(\omega t) \,.\, \vec{J} \right] \qquad (15)$$

A extremidade do vector girante descreve uma elípse com o eixo maior segundo $\vec{I}$ (fig. 10).

O equilíbrio total deste vector só é possível à custa de um outro, desfasado em oposição e rodando no mesmo sentido, o que implica a existência de outro prato oscilante trabalhando em série ou em paralelo (fig. 11).

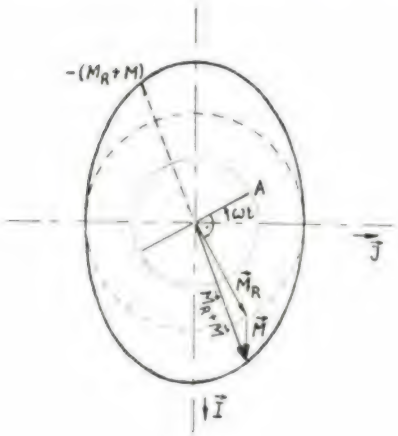


Fig. 10

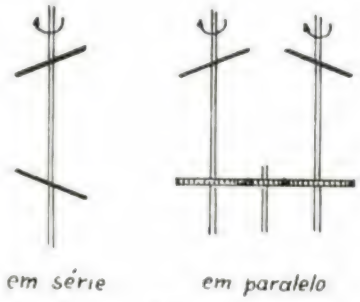


Fig. 11

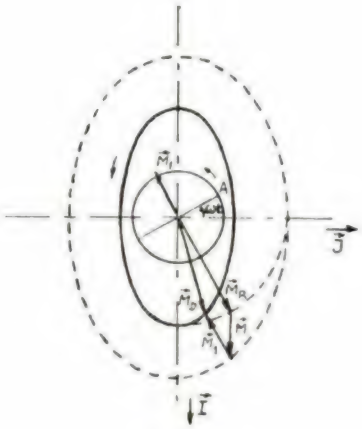


Fig. 12

Com um só prato oscilante podemos considerar várias soluções de equilíbrio parcial :

1.ª solução — equilibrar o binário das forças centrífugas, tal como fizemos em 2.4.1.2. Fica desiquilibrado $\vec{M}$. A extremidade do vector descreve o eixo dos xx.

2.ª solução — equilibrar parcialmente $\vec{M}$ com o vector girante

$$\vec{M}_1 = -2\,\omega^2 R^2 \operatorname{tg}\varphi\, m \left[\cos(\omega t)\,.\,\vec{I} + \operatorname{sen}(\omega t)\,.\,\vec{J}\right] \tag{16}$$

Resultará um binário desiquilibrado $\vec{M}_D$

$$\vec{M}_D = 2\,\omega^2 R^2 \operatorname{tg}\varphi \left[m_A \cos(\omega t)\,.\,\vec{I} + (m_A - m)\operatorname{sen}(\omega t)\,.\,\vec{J}\right] \tag{17}$$

que é um vector girante com intensidade variável segundo uma elípse e rodando no sentido de rotação do disco se $m_A > m$ (fig. 12), e em sentido contrário se $m_A < m$. Se $m_A = m$ deixa de ser girante para ser sòmente oscilante segundo o eixo dos xx.

3.ª solução — Equilibrar $\vec{M}_R$ e parte de $\vec{M}$, com um vector girante

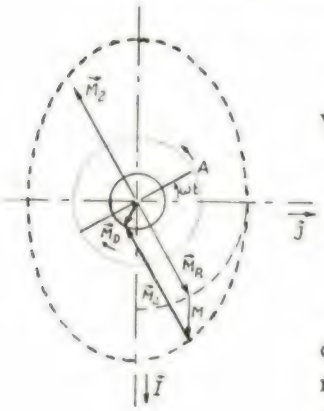


Fig. 13

$$\vec{M}_2 = -2\,\omega^2 R^2 \operatorname{tg}\varphi \left(m_A + \frac{m}{2}\right)\left[\cos(\omega t)\,.\,\vec{I} + \operatorname{sen}(\omega t)\,.\,\vec{J}\right] \tag{18}$$

Virá agora

$$\vec{M}_D = 2\,\omega^2 R^2 \operatorname{tg}\varphi \left[\frac{m}{2}\cos(\omega t)\,.\,\vec{I} - \frac{m}{2}\operatorname{sen}(\omega t)\,.\,\vec{J}\right] =$$

$$= -2\,\omega^2 R^2 \operatorname{tg}\varphi\,.\,\frac{m}{2}\left[\cos(\pi - \omega t)\,.\,\vec{I} + \operatorname{sen}(\pi - \omega t)\,.\,\vec{J}\right] \tag{19}$$

que é um vector girante com intensidade constante, simétrico com $\vec{M}_R$ em relação ao eixo dos xx, e portanto girando em sentido contrário ao da rotação do disco (fig. 13).

4.ª solução — equilibrar $\vec{M}_R$ e $\vec{M}$ com um vector

$$\vec{M}_3 = -2\,\omega^2 R^2 \operatorname{tg}\varphi\,(m_A + m)\left[\cos(\omega t)\,.\,\vec{I} + \operatorname{sen}(\omega t)\,.\,\vec{J}\right] \tag{20}$$

Aparece um binário desiquilibrado

$$\vec{M}_D = -2\,\omega^2 R^2 \operatorname{tg}\varphi\,.\,m\,.\,\operatorname{sen}(\omega t)\,.\,\vec{J} \tag{21}$$

que descreve o eixo dos yy.

Reparar que na primeira solução o vector desiquilibrado era absolutamente igual mas estava apoiado no eixo dos xx. Pode ser vantajoso mudar a direcção do binário desiquilibrado de modo a facilitar a aplicação de filtros absorventes das vibrações perigosas, ou mesmo tornando a sua acção mais inofensiva (por exemplo, as vibrações verticais das máquinas fixas são melhor absorvidas pelas fundações).

2.4.3 — *Mecanismo com três êmbolos*

2.4.3.1 — *Forças de inércia*

Tal como em 2.4.2.1, temos

$$\vec{F}_R = \vec{F}_I + \vec{F}_{II} + \vec{F}_{III} =$$

$$= -m\,\omega^2 R \operatorname{tg}\varphi \left[\cos(\omega t) + \cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{3}\right) + \cos\left(\omega t + \frac{4\pi}{3}\right)\right].\,\vec{K} =$$

$$= 0 \qquad (\text{supondo } m_I = m_{II} = m_{III} = m) \tag{22}$$

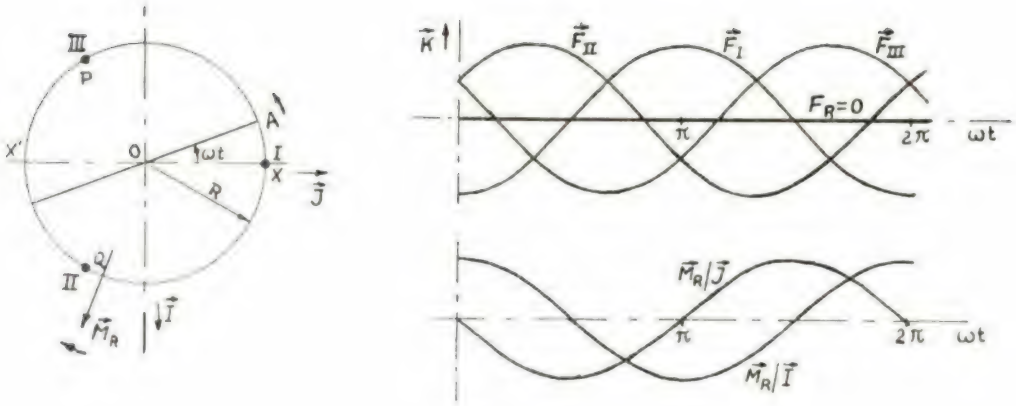


Fig. 14

2.4.3.2 — *Binário resultante das forças de inércia*

Da mesma maneira

$$\vec{M}_R = \vec{M}_I + \vec{M}_{II} + \vec{M}_{III} =$$

$$= \vec{F}_I \wedge (X-0) + \vec{F}_{II} \wedge (P-0) + \vec{F}_{III} \wedge (Q-0) =$$

$$= \frac{3}{2}\, m\,\omega^2 R^2 \operatorname{tg}\varphi \left[\cos(\omega t)\,.\,\vec{I} - \operatorname{sen}(\omega t)\,.\,\vec{J} \right] =$$

$$= -\frac{3}{2}\, m\,\omega^2 R^2 \operatorname{tg}\varphi \left[\cos(\pi - \omega t)\,.\,\vec{I} + \operatorname{sen}(\pi - \omega t)\,.\,\vec{J} \right]$$

Fig. 15

$\vec{M}_R$ é um vector girante de intensidade constante e rodando em sentido contrário ao da rotação do disco com igual velocidade angular. O seu equilíbrio é possível desde que o prato oscilante trabalhe em série ou paralelo com outro igual, tal como mostra a fig. 11. Outro processo seria fazer rodar concêntrico com o veio, com a mesma velocidade mas em sentido contrário, um sistema de duas massas convenientemente desfasado de modo a anular $\vec{M}_R$ (fig. 15).

2.4.4 — *Mecanismo com n êmbolos regularmente distribuidos*

2.4.4.1 — *Forças de inércia*

Será

$$\vec{F}_R = \sum_{j=0}^{n-1} \vec{F}_j =$$

$$= -\, m\,\omega^2 R \operatorname{tg}\varphi \sum_{j=0}^{n-1} \cos\left(\omega t + \frac{2j\pi}{n}\right) \cdot \vec{K} =$$

$$= -\, m\,\omega^2 R \operatorname{tg}\varphi \left[\cos(\omega t) \left(\sum_{j=0}^{n-1} \cos\frac{2j\pi}{n} \right) - \operatorname{sen}(\omega t)\,.\left(\sum_{j=0}^{n-1} \operatorname{sen}\frac{2j\pi}{n} \right) \right] \cdot \vec{K} \qquad (24)$$

Mas

$$\cos\frac{2j\pi}{n} = \frac{1}{2}\left[\operatorname{cis}\frac{2j\pi}{n} + \operatorname{cis}\left(-\frac{2j\pi}{n}\right) \right]$$

Tudor

PORTUGAL

A MELHOR

BATERIA

CIMA

COMPANHIA INDUSTRIAL DE MADEIRAS AFRICANAS, S. A. R. L.

contraplacados decorativos
contraplacados especiais
placas de revestimento
placas lameladas
folheados de fantasia
madeiras exóticas secas

FÁBRICA EM ALHANDRA (SAPAL) TEL. 05 02 02 • 05 02 03 • 05 02 66
SEDE EM LISBOA — R. DAS JANELAS VERDES, 3 — TEL. 66 01 76 (PABX) — TELEG. CIMAFRICA
DELEGAÇÃO EM AFRICA — CAIXA POSTAL 135 — CABINDA

SEMPRE CRIANDO DA MADEIRA MELHOR BELEZA

ESTAMPARIAS TINTURARIAS LAVANDARIAS

PARA OS VOSSOS TECIDOS TECNICOS:
TRANSPORTADORES MANKONS, LAPPING, WOLFRIES.
FLANELAS, CANEVAS, ETC.,

EM FIBRAS NATURAIS OU SINTÉTICAS

Consultem:

FÁBRICA NACIONAL DE FELTROS INDUSTRIAIS
SOCIEDADE LIMITADA

APART.: 9
TELEF.: 93
TELEG.: FELTROS

OVAR
PORTUGAL

ESCRITÓRIO E FÁBRICA
ESTRADA DE S. JOÃO

e

$$\operatorname{sen}\frac{2j\pi}{n}=\frac{1}{2}\left[\operatorname{cis}\frac{2j\pi}{n}-\operatorname{cis}\left(-\frac{2j\pi}{n}\right)\right] \tag{25}$$

em que

$$\operatorname{cis}\frac{2j\pi}{n}=\cos\frac{2j\pi}{n}+i\operatorname{sen}\frac{2j\pi}{n}=\sqrt[n]{\operatorname{cis}2j\pi}=\sqrt[n]{1}$$

e

$$\operatorname{cis}\left(-\frac{2j\pi}{n}\right)=\cos\frac{2j\pi}{n}-i\operatorname{sen}\frac{2j\pi}{n}=\sqrt[n]{\operatorname{cis}(-2j\pi)}=\sqrt[n]{1} \tag{26}$$

Demonstra-se em Matemáticas Gerais que as n raízes de índice n da unidade são precisamente os valores de $\operatorname{cis}\frac{2j\pi}{n}$ ou $\operatorname{cis}\left(-\frac{2j\pi}{n}\right)$ para $j=0$, $j=1$, $j=2,\ldots,$ $j=n-1$, e, por outro lado, que o somatório das referidas n raízes é nulo:

$$\sum_{j=0}^{n-1}\operatorname{cis}\frac{2j\pi}{n}=0 \tag{28}$$

Voltando à equação (24) temos

$$\vec{F}_R=-\frac{1}{2}m\,\omega^2 R\,\operatorname{tg}\varphi\left\{\cos(\omega t)\left[\sum_{j=0}^{n-1}\operatorname{cis}\frac{2j\pi}{n}+\sum_{j=0}^{n-1}\operatorname{cis}\left(-\frac{2j\pi}{n}\right)\right]-\right.$$

$$\left.-\operatorname{sen}(\omega t)\left[\sum_{j=0}^{n-1}\operatorname{cis}\frac{2j\pi}{n}-\sum_{j=0}^{n-1}\operatorname{cis}\left(-\frac{2j\pi}{n}\right)\right]\right\}.\vec{K}=0 \tag{29}$$

Conclui-se que as forças de inércia em mecanismos com mais de um êmbolo regularmente distribuidos, têm resultante nula, pelo que são naturalmente equilibradas.

2.4.4.2 — *Binário resultante das forças de inércia*

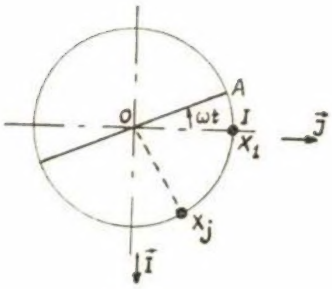


Fig. 16

Será

$$\vec{M}_R=\sum_{j=0}^{n-1}\vec{M}_j=\sum_{j=0}^{n-1}\vec{F}_j\wedge(X_j-0) \tag{30}$$

Ora

$$F_j=-m\,\omega^2 R\,\operatorname{tg}\varphi\cos\left(\omega t+\frac{2j\pi}{n}\right).\vec{K} \tag{31}$$

e

$$X_j=R\operatorname{cis}\frac{2j\pi}{n}\qquad(j=0,1,2,\ldots,n-1)$$

e portanto

$$(X_j-0)=R\left(\cos\frac{2j\pi}{n}+i\operatorname{sen}\frac{2j\pi}{n}\right).\vec{J}+z_j.\vec{K} \tag{32}$$

Substituindo, fica

$$\vec{M}_R=\sum_{j=0}^{n-1}-m\,\omega^2 R\,\operatorname{tg}\varphi\cos\left(\omega t+\frac{2j\pi}{n}\right).\vec{K}\wedge\left(R\operatorname{cis}\frac{2j\pi}{n}.\vec{J}+z_j.\vec{K}\right)=$$

$$=m\,\omega^2 R^2\operatorname{tg}\varphi\sum_{j=0}^{n-1}\cos\left(\omega t+\frac{2j\pi}{n}\right)\operatorname{cis}\frac{2j\pi}{n}.\vec{I}=$$

$$= m\,\omega^2 R^2 \operatorname{tg} \varphi \sum_{j=o}^{n-1} \left(\cos(\omega t) \cos \frac{2j\pi}{n} - \operatorname{sen}(\omega t) \operatorname{sen} \frac{2j\pi}{n} \right) \operatorname{cis} \frac{2j\pi}{n} \,.\, \vec{I} =$$

$$= m\,\omega^2 R^2 \operatorname{tg} \varphi \left(\cos(\omega t) \sum_{j=o}^{n-1} \cos \frac{2j\pi}{n} \operatorname{cis} \frac{2j\pi}{n} - \operatorname{sen}(\omega t) \,.\, \sum_{j=o}^{n-1} \operatorname{sen} \frac{2j\pi}{n} \operatorname{cis} \frac{2j\pi}{n} \right) .\, \vec{I} =$$

$$= m\,\omega^2 R^2 \operatorname{tg} \varphi \left[\left(\cos(\omega t) \sum_{j=o}^{n-1} \cos^2 \frac{2j\pi}{n} - \operatorname{sen}(\omega t) \sum_{j=o}^{n-1} \operatorname{sen} \frac{2j\pi}{n} \,.\, \cos \frac{2j\pi}{n} \right) .\, \vec{I} + \right.$$

$$\left. + \left(\cos(\omega t) \sum_{j=o}^{n-1} \cos \frac{2j\pi}{n} \operatorname{sen} \frac{2j\pi}{n} - \operatorname{sen}(\omega t) \,.\, \sum_{j=o}^{n-1} \operatorname{sen}^2 \frac{2j\pi}{n} \right) .\, \vec{J} \right] =$$

$$= m\,\omega^2 R^2 \operatorname{tg} \varphi \left[\left(\sum_{j=o}^{n-1} \cos^2 \frac{2j\pi}{n} \right) \operatorname{cis}(\omega t) \,.\, \vec{I} + \left(\sum_{j=o}^{n-1} \operatorname{sen} \frac{2j\pi}{n} \cos \frac{2j\pi}{n} \right) .\, \operatorname{cis}(\omega t) \,.\, \vec{J} - \right.$$

$$\left. - n \operatorname{sen}(\omega t) \,.\, \vec{J} \right] =$$

$$= m\,\omega^2 R^2 \operatorname{tg} \varphi \left[\operatorname{cis}(\omega t) \left(\sum_{j=o}^{n-1} \cos^2 \frac{2j\pi}{n} \,.\, \vec{I} + \sum_{j=o}^{n-1} \operatorname{sen} \frac{2j\pi}{n} \cos \frac{2j\pi}{n} \,.\, \vec{J} \right) - \right.$$

$$\left. - n \operatorname{sen}(\omega t) \,.\, \vec{J} \right] \tag{33}$$

Ora

$$\sum_{j=o}^{n-1} \operatorname{sen} \frac{2j\pi}{n} \cos \frac{2j\pi}{n} = \frac{1}{2} \sum_{j=o}^{n-1} \operatorname{sen} \frac{4j\pi}{n} =$$

$$= \frac{1}{4} \sum_{j=o}^{n-1} \left[\operatorname{cis} \frac{4j\pi}{n} - \operatorname{cis} \left(- \frac{4j\pi}{n} \right) \right] \tag{34}$$

e

$$\sum_{j=o}^{n-1} \cos^2 \frac{2j\pi}{n} = \sum_{j=o}^{n-1} \frac{1}{4} \left[\operatorname{cis} \frac{2j\pi}{n} + \operatorname{cis} \left(- \frac{2j\pi}{n} \right) \right]^2 =$$

$$= \frac{1}{4} \sum_{j=o}^{n-1} \left[\operatorname{cis} \frac{4j\pi}{n} + \operatorname{cis} \left(- \frac{4j\pi}{n} \right) + 2 \operatorname{cis} 0 \right] \tag{35}$$

Mas o valor de

$$\sum_{j=o}^{n-1} \operatorname{cis} \frac{4j\pi}{n}$$

depende de n ser par ou ímpar. Se n é par e superior a 2, será

$$\sum_{j=o}^{n-1} \operatorname{cis} \frac{2j\pi}{\frac{n}{2}} \sum_{j=o}^{\frac{n}{2}-1} \operatorname{cis} \frac{2j\pi}{\frac{n}{2}} + \sum_{j=\frac{n}{2}}^{n-1} \operatorname{cis} \frac{2j\pi}{\frac{n}{2}} = 0 \tag{36}$$

Se n é ímpar, a fracção 2/n é irredutível, e as soluções de cis $\frac{2j\pi}{n}$ e cis $\frac{4j\pi}{n}$ são iguais entre si (vidé Matemáticas Gerais), e portanto

$$\sum_{j=0}^{n-1} \text{cis}\,\frac{4j\pi}{n} = \sum_{j=0}^{n-1} \text{cis}\,\frac{2j\pi}{n} = 0 \tag{37}$$

Retomando a expressão (34), vem

$$\sum_{j=0}^{n-1} \text{sen}\,\frac{2j\pi}{n} \cos\frac{2j\pi}{n} = 0 \tag{38}$$

e a expressão (35) fica

$$\sum_{j=0}^{n-1} \cos^2\frac{2j\pi}{n} = \frac{1}{4}\left[0 + 0 + 2n\right] = \frac{n}{2} \quad \text{para } n > 2 \tag{39}$$

Finalmente, temos

$$\vec{M}_R = m\,\omega^2 R^2 \,\text{tg}\,\varphi \left[\frac{n}{2}\,\text{cis}\,(\omega t)\,.\,\vec{I} - n\,\text{sen}\,(\omega t)\,.\,\vec{J}\right] =$$

$$= \frac{n}{2}\,m\,\omega^2 R^2 \,\text{tg}\,\varphi \left[\cos(\omega t)\,.\,\vec{I} - \text{sen}\,(\omega t)\,.\,\vec{J}\right] =$$

$$= -\frac{n}{2}\,m\,\omega^2 R^2 \,\text{tg}\,\varphi \left[\cos(\pi - \omega t)\,.\,\vec{I} + \text{sen}\,(\pi - \omega t)\,.\,\vec{J}\right] \tag{40}$$

para $n > 2$.

Trata-se de um vector girante de intensidade constante, rodando em sentido contrário ao do prato. Poderá ser equilibrado associando dois pratos em série ou paralelo como se mostra na fig. 12, ou por meio de um sistema de duas massas girando em sentido contrário ao do disco, com igual velocidade angular e convenientemente desfasado.

2.3 — CONCLUSÕES

Como se verifica, este modelo matemático é de fácil estudo. A análise do movimento revela variações sinusoidais puras dos esforços de inércia com valores extremos iguais.

É equilibrado quanto a esforços de inércia a partir de dois cilindros, inclusivé. É completamente desiquilibrado em relação aos binários devidos às forças de inércia, qualquer que seja o número de cilindros. Em devido tempo alvitràmos as soluções possíveis para realizar este equilíbrio.

(Continua)

C. D. U. 621.311.5/91

Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional

— Elementos extraídos das estatísticas mensais do Repartidor Nacional de Cargas (R. N. C.)

NOTA: *As produções e os consumos das empresas do R. N. C. representam cerca de 94 % dos totais do País*

I — Breve nota mensal

Sob o ponto de vista hidrológico, o mês de Agosto apresentou-se, no conjunto, sensìvelmente médio.

Após um período de funcionamento experimental, foi entregue à exploração no dia 10 de Agosto o 3.º grupo (60 MVA) da central de Mirandela da H. E. D.

II — Elementos gerais (GWh)

a) Mensais

	1960	1961	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	202,5	279,4	+ 34
Produção térmica (P_t)	0,0	3,2	—
Produção total (P_T)	202,5	273,6	+ 35
Exportações (Ex)	—	0,0	—
Importações (I)	—	0,0	—
Produção para consumos não perman. (P_{cnp}) . .	12,6	57,9	+ 360
Produção para consumos permanentes (P_{cp}) (1)	189,9	215,7	+13,6 (2)

b) Acumulados desde 1 de Janeiro (GWh)

	1960	1961	Variação %
Produção hidráulica (P_h) . . .	1938,5	2169,1	+ 12
Produção térmica (P_t)	43,3	43,4	0
Produção total (P_T)	1981,8	2212,5	+ 12
Exportações (Ex)	—	0,2	—
Importações (I)	—	0,2	—
Produção para consumo não perman. (P_{cnp}) . .	441,0	489,5	+ 10
Produção para consumos permanentes (P_{cp}) (1)	1540,8	1728,0	+12,1 (2)

NOTAS:

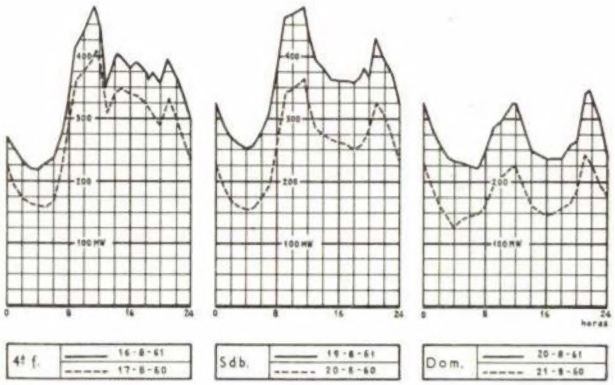
(1) A produção para consumos permanentes (P_{CP}) é determinada pela seguinte expressão: $P_{CP} = P_T - P_{cnp} + 1 - E_X$

(2) O aumento percentual de produção para consumos permanentes, tendo em conta a incidência dos domingos e dias especiais, é res-respectivamente de 12,7 e 12,9 %.

III — Diagramas de carga dos dias característicos

	4.ª feira: 17-8-960	4.ª feira: 16-8-961
Produção hidráulica (P_h) — MWh	6849	8361
Produção térmica (P_t) — MWh . .	0	0
Produção total (P_T) — MWh . . .	6849	8361
Produção para consumos não permanentes — MWh	447	1312
Potência máxima MW	407,5	476,0
Potência mínima MW	154,0	215,0
Utilização da ponta (U) — horas	16,8	17,6
Factor de carga (α)	0,70	0,73
Relação $\frac{\text{Pot. mín.}}{\text{Pot. máx.}}$ (r)	0,38	0,45

AGOSTO



IV — Energia armazenada nas principais albufeiras

Albufeiras:	No fim do mês GWh	No fim do mês % (1)
Paradela	143,5	64,5
Venda Nova	53,5	41,8
Salamonde	12,8	46,4
Caniçada	16,4	49,5
Cabril	92,8	27,4
Castelo do Bode	108,0	66,3
Guilhofrei	4,0	48,2
Lagoa Comprida	22,3 (2)	75,5
Santa Luzia	41,7	67,7
Pracana	2,8	21,7
Póvoa	2,7 (3)	18,3
Total . . .	500,5	48,0

Notas:

(1) Coeficiente de enchimento em energia das albufeiras.

(2) Inclui 0,1 GWh armazenados em Vale do Rossim no fim do mês.

(3) Inclui 0,8 GWh armazenados no açude do Poio no fim do mês.

— Não se incluem os aproveitamentos em Ponsul, Montargil, Maranhão, Pego do Altar e Vale do Gaio, dados os condicionamentos de natureza hidroagrícola a que estes aproveitamentos estão sujeitos.